Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN GÖTTINGEN · H. v. FICKER BERLIN · R. GRAMMEL STUTTGART

O. HAHN BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL UTRECHT · M. v. LAUE BERLIN · E. v. d. PAHLEN POTSDAM

F. SAUERBRUCH BERLIN · H. SPEMANN FREIBURG I. BR. · H. STILLE BERLIN · F. v. WETTSTEIN BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 21 (SEITE 321—336) · 21. MAI 1937 · 25. JAHRGANG

INHALT:

Die Entwicklung der lichtelektrischen Zellen. Von RUDOLF SEWIG, Dresden 321

Über die Bildung des Instinktbegriffes. Von KONRAD LORENZ, Altenberg. (Schluß) 324

KURZE ORIGINALMITTEILUNG:

Zur Frage der behinderten Glimmentladung. Von HEINZ FISCHER, Darmstadt. (Mit 2 Figuren) 331

BESPRECHUNGEN:

CRANZ, C., Lehrbuch der Ballistik. Ergänzungen zum Bd. I, 5. Aufl. (1925), Bd. II (1926) und Bd. III, 2. Aufl. (1927.) Unter Mitwirkung von O. v. Eberhard. (Ref.: M. Weber) . . . 332

RUDOLPH, H., Der Einfluß der Sonne auf den elektrischen und magnetischen Zustand der Erde. (Ref.: R. Bock) 334

FISCHER, JOHANNES, Einführung in die klassische Elektrodynamik. (Ref.: CLEMENS SCHAEFER) 335

BAUR-FISCHER-LENZ, Menschliche Erblehre und Rassenhygiene. Band I: Menschliche Erblehre. 4., neubearbeitete Aufl. (Ref.: Agnes Bluhm) 335

Objektive Photometrie

Von

Dr. phil. **Rudolf Sewig**

Privatdozent an der Technischen Hochschule Dresden

Mit 140 Textabbildungen. VII, 193 Seiten. 1935

RM 17.50; gebunden RM 19.—

Angesichts des erheblichen und dauernd im Wachsen begriffenen Umfangs, in dem sich die Methoden und Geräte zur objektiven Photometrie in den Laboratorien des Physikers, Chemikers und Ingenieurs, in Forschung und Technik einbürgern, ist eine zusammenfassende Darstellung der benutzten Apparate, Einrichtungen und Hilfsmittel mehr und mehr notwendig geworden, um so mehr, als die Originalarbeiten in sehr vielen, z. T. schwer zugänglichen Zeitschriftenartikeln verstreut sind. Teilgebiete, die schon in größeren Monographien dargestellt wurden, wie die photographische Photometrie, wurden dementsprechend kurz behandelt. Andere Gebiete, wie die lichtelektrischen Zellen und die elektrischen Meßgeräte, wurden in dem Umfange behandelt, daß sich ein Nachschlagen in anderen Sammelwerken oder in der Originalliteratur im allgemeinen erübrigt. Instrumente und Einrichtungen wurden ausführlicher beschrieben als Verfahren, im übrigen den Bedürfnissen des Praktikers in höherem Maße Rechnung getragen als denen des Forschers. Die Darstellung ist knapp und klar, auf historische Ausführungen wurde weitgehend verzichtet.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung oder jede Postanstalt bezogen werden. Preis vierteljährlich RM 9.60. Hierzu treten bei direkter Zustellung unter Kreuzband die Versandspesen bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelpreis dieses Heftes RM 1.— zuzüglich Porto. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Studierende, ferner Ärzte in nicht vollbezahlter Stellung erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 22/24, erbeten.

Anzeigen werden von der Verlagsbuchhandlung angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe erfragen. Letzter Annahme-Termin: 12 Tage vor Erscheinen der betreffenden Nummer.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 22/24
Fernsprecher: 21 81 11.

Hochwertige Forschungs-Mikroskope
preisw., vielbegehrt u. glänzend beurteilt, mit erstkl. Wetzl. Optik d. Fa. Otto Seibert, der Jüngere, Wetzlar, Garantie, 3 Objekt., 4 Okul. ($^1/_{12}$ Oelimm.), Vergr. bis 2500×, große, mod. Stativform, Mikrophototubus, groß., runder, drehbarer Zentriertisch, Beleuchtungsapparat nach Abbe usw., komplett im Schrank **RM 180.—**. Ratenzahlung! Unverbindl. kostenlose Ansicht.
Dr. **Adolf Schröder, Kassel 81,** Optische Instrumente.

Jeder kann helfen!
Durch einen Gastplatz für ein erholungsbedürftiges Kind!
F. 6

Soeben erschien:

Wahrscheinlichkeiten und Schwankungen

Vorträge von

Professor Dr. M. Czerny-Berlin, Oberingenieur K. Franz-Siemensstadt, Professor Dr.-Ing. F. Lubberger-Berlin, Professor Dr. J. Bartels-Eberswalde, Professor Dr. R. Becker-Göttingen

Veranstaltet durch den Verband Deutscher Elektrotechniker Gau Berlin-Brandenburg, in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin

Herausgegeben von

Dr.-Ing. **F. Lubberger**

Oberingenieur der Siemens & Halske A.-G.
und a. o. Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin

Mit 25 Textabbildungen. IV, 100 Seiten. 1937. RM 8.40

Inhaltsverzeichnis:

Grundbegriffe und Gesetze der Wahrscheinlichkeit und Schwankungen. Von Dr. M. Czerny, Professor an der Universität Berlin. — **Die Wahrscheinlichkeit in der Fertigungsüberwachung.** Von Oberingenieur K. Franz, Siemensstadt. — **Beobachtungen, Vorschriften und Theorien der Schwankungen im Fernsprechverkehr.** Von Dr.-Ing. F. Lubberger, Berlin. — **Verborgene periodische Erscheinungen.** Von Dr. J. Bartels, Professor an der Forstlichen Hochschule Eberswalde. — **Das Auftreten von Wahrscheinlichkeitsgesetzen und Schwankungserscheinungen in der Physik.** Von Dr. R. Becker, Professor an der Universität Göttingen.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

25. Jahrgang | 21. Mai 1937 | Heft 21

Die Entwicklung der lichtelektrischen Zellen.

Von RUDOLF SEWIG, Dresden.

Unter den Teilgebieten physikalischer Forschung, die im Laufe der letzten Jahrzehnte mit besonderer Aktivität und großem Erfolg bearbeitet wurden, nimmt der Photoeffekt insofern eine besondere Stellung ein, als neue Erkenntnisse meist unmittelbar in technischen Fortschritt umgemünzt werden und so weitesten Kreisen die praktische Bedeutung theoretisch-physikalischer Forschung eindringlich vor Augen geführt wird. Von den Beiträgen, die lichtelektrische Forschungen zu unserem physikalischen Weltbild geliefert haben, soll hier nicht die Rede sein, sondern nur von ihrer Anwendung: den technischen Photozellen.

Obwohl alle auf grundsätzlich dem gleichen Elementarereignis beruhen — der durch Absorption eines Lichtquants bewirkten Auslösung eines Photoelektrons aus einem Atom- oder Ionenverband —, mögen doch die Zellen hier in üblicher Weise nach drei Hauptgruppen beschrieben werden: Photozellen, d. s. evakuierte Glasgefäße mit einer die Photoelektronen emittierenden Kathode und einer Auffangelektrode; Photowiderstände, d. s. Halbleiter mit einer in Abhängigkeit von der Bestrahlung sich verändernden Leitfähigkeit; Photoelemente, d. s. Halbleiterkombinationen, die bei Belichtung eine selbständige elektromotorische Kraft (EMK) liefern. Wir wollen aber festhalten, daß die Unterschiede der drei Gruppen weniger prinzipiell als äußerlich sind.

1. Photozellen.

Die ersten Hersteller technisch brauchbarer Photozellen waren ELSTER und GEITEL. Ihre Versuche mit zusammengesetzten Photokathoden sind um so beachtlicher, als man damals noch wenig oder nichts über den Begriff der Elektronen-Austrittsarbeit und den Mechanismus der Photoemission wußte. Ursprünglich hatte man bei der Gruppe der einwertigen Alkaliatome die stärksten Photoeffekte gefunden, und unter diesen wiederum beim Cäsium, dem Metall höchster Ordnungszahl innerhalb dieser Gruppe, bei welchem das Valenzelektron am lockersten gebunden ist. Doch schon aus dieser Jugendzeit lichtelektrischer Forschung stammt die Erkenntnis, daß aus mehreren Komponenten zusammengesetzte Kathoden unter Umständen eine höhere bzw. weiter in das Gebiet langer Wellen reichende Emission liefern, als reine Alkalimetalle. Bei geeigneter Wahl der Oberflächenschichten kann sowohl die langwellige Empfindlichkeitsgrenze nach dem Rot bzw. Ultrarot hin verschoben werden, wie die Empfindlichkeit selbst für Licht einer Wellenlänge — damit also auch die lichtelektrische Gesamtemission für unzerlegtes Licht — gesteigert werden. Hier wirken offenbar zwei verschiedene Ursachen mit: die Verringerung der Elektronen-Austrittsarbeit und die Erhöhung der optischen Absorption.

Die Verringerung der Austrittsarbeit erklärt sich — roh angedeutet — aus einer Lockerung der elektrostatischen Bindungskräfte zwischen den für die Emission in Frage kommenden Elektronen und dem Gitterverband der Atome bzw. Ionen in oder nahe der Oberfläche. Für die zahlenmäßige Erfassung dieser Zusammenhänge sind im letzten Jahrzehnt aus den Vorstellungen der Wellen- und Quantenmechanik mehr oder minder einfache und die experimentellen Ergebnisse mehr oder weniger gut wiedergebende Theorien aufgestellt worden (FOWLER, WENTZEL, FRÖLICH, TAMM-SCHUBIN u. a.). Die verwickelten Potentialverhältnisse, die innerhalb des Gitteraufbaues der zusammengesetzten Photokathoden und besonders an deren Grenzflächen gegen das Vakuum herrschen, entziehen sich verständlicherweise einer genauen theoretischen Erfassung. Um so mehr ist es zu bewundern, daß die stark vereinfachenden Annahmen der modernen Theorien auf Ergebnisse führen, die mit dem Experiment in verhältnismäßig gutem Einklang stehen.

Die Verringerung der Austrittsarbeit, also die Hinausschiebung der langwelligen Empfindlichkeitsgrenze des Photoeffektes, wird um so besser gelingen, je mehr man die quasielastischen elektrostatischen Bindungen der Photoelektronen an der Kathodenoberfläche lockert. Das gelingt durch den Einbau von Fremdatomen bzw. -Ionen in das Alkaligitter. Der erste Schritt in dieser Richtung war die „Hydrierung", die oberflächliche Beladung der Kathode mit Wasserstoffionen. Seit etwa einem Jahrzehnt hat man die Technik der zusammengesetzten Kathoden durch Einbau anderer, meist elektronegativer Atome stark verbessert. Den letzten wesentlichen Schritt in dieser Richtung bilden die auf Silber niedergeschlagenen Cäsiumoxyd-Cäsiumschichten, die vermutlich in ihrer aktiven Schicht aus einer äußerst feinen Verteilung von Silber, Cäsium und Sauerstoff bestehen. Der durch den Einbau an sich lichtelektrisch wenig empfindlicher Schwermetallatome vergrößerten elektrischen Leitfähigkeit quer zur Oberfläche scheint eine Rolle sowohl hinsichtlich der Größe des Photoeffektes selbst, wie bezüglich seines zeitlichen Ablaufes (Nachlieferung neuer Elektronen) zuzukommen. Mit diesen Kathoden dürfte vorläufig ein gewisser Abschluß in der technischen Entwicklung eingetreten sein. Ihre langwellige Grenze liegt bei etwa 1 μ im nahen Ultrarot, und ihre Empfindlichkeit für unzerlegtes weißes Licht liegt in der Größenordnung 50 μA/Lumen.

Die gute Quantenausbeute dieser Zellen ist sicher nur zum Teil auf die stark herabgesetzte Austrittsarbeit zurückzuführen, zum Teil auch auf die Erhöhung der optischen Absorption. Je größer die Anzahl in der aktiven Oberfläche absorbierter Lichtquanten ist, desto größer ist nach dem EINSTEINschen Gesetz die Anzahl der Photoelektronen. Wo deren eigentlicher Entstehungsort zu suchen ist, war Gegenstand zahlreicher theoretischer Auseinandersetzungen. Sicher ist, daß nur aus sehr wenigen Atomlagen unter der Oberfläche ausgelöste Elektronen eine Möglichkeit haben, durch ihre Eigengeschwindigkeit und Hilfeleistung des äußeren Feldes (Anodenspannung) das Metall zu verlassen. Wenn also die Absorption klein ist und erst in vielen Atomlagen stark wirksam wird, oder wenn die Reflexion an der Oberfläche stark ist, wird die Quantenausbeute gering sein. Wichtig für die Klärung dieser Zusammenhänge waren neuere Untersuchungen über die optischen und lichtelektrischen Eigenschaften sehr dünner spiegelnder Alkalischichten.

Aus theoretischen Gründen ist es unwahrscheinlich, daß wir in absehbarer Zeit technische Vakuumzellen mit einer wesentlich höheren Empfindlichkeit und weiter hinausgeschobener Rotgrenze erhalten werden, vorausgesetzt, daß nicht ganz neue Prinzipien gefunden werden.

II. Photowiderstände und Elektrolytzellen.

Photowiderstände sind Halbleiter, deren elektrischer Widerstand sich bei Bestrahlung mit Licht erniedrigt. Am bekanntesten sind die Selenwiderstände, nach diesen die Thalliumwiderstände. Die große Bedeutung der Photowiderstände liegt darin, daß ihre lichtelektrische Empfindlichkeit je Watt auffallender Strahlungsleistung wesentlich größer gemacht werden kann, als es bei Vakuumzellen möglich ist. Obwohl der primäre, durch das Licht ausgelöste Photoeffekt meist sehr klein ist, spalten doch die Primärelektronen auf ihrem Wege durch den Halbleiter infolge von Störungen in dessen Aufbau sehr zahlreiche Sekundärelektronen ab und verursachen dadurch einen viel stärkeren „Photostrom". Die Erscheinung hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem erhöhten Stromtransport in gasgefüllten Photozellen infolge der Stoßionisation der Photoelektronen auf ihrem Weg durch das Gas. Die Nachteile der Photowiderstände sind denen der gasgefüllten Zellen ähnlich, nur noch wesentlich stärker ausgeprägt: erhöhte Trägheit des Photostroms bei plötzlichen Belichtungsschwankungen, sowie eine gewisse Instabilität, welche genaue Messungen nur schwer möglich macht. Photowiderstände haben auch bei Dunkelheit einen endlichen Widerstand, der bei Bestrahlung etwa exponentiell abnimmt. Die Steilheit der Widerstandsänderung hängt wesentlich von der angelegten Spannung ab und läßt sich auf Kosten der Stabilität und der Reproduzierbarkeit der Werte sehr hoch treiben.

Die bereits seit vielen Jahrzehnten bekannten Selen-Photowiderstände sind in der letzten Zeit durch sorgfältiges Studium des Herstellungsprozesses, geeignete Elektrodenanordnung, Anwendung von Fremdmetallzusätzen und Ausschaltung schädlicher Einflüsse erheblich verbessert worden, so daß sie für gewisse technische Zwecke erfolgreich verwendet werden können. Die Trägheit hat sich durch Sonderkonstruktionen und Verbindung mit in geeigneter Weise frequenzabhängigen Schaltungen so weit eliminieren lassen, daß die Zellen sogar schon für den Tonfilm eingesetzt werden konnten.

Die seit dem Kriege bekanntgewordenen Thallium-Photowiderstände zeichnen sich besonders durch ihre Empfindlichkeit im Ultrarot aus, die bis etwa 1,3 μ reicht. Sie haben im übrigen ähnliche Eigenschaften und Nachteile wie die Selenwiderstände.

Elektrolytische Photozellen, die auf dem Becquerel-Effekt beruhen, nehmen ein Stellung zwischen den Photowiderständen und Photoelementen ein. Sie sind einerseits imstande, eine selbständige EMK zu liefern, ändern andererseits bei Beleuchtung ihren Widerstand. Ihre je Lichtstromeinheit abgebbare elektrische Leistung ist, ähnlich wie bei den Photowiderständen, verhältnismäßig groß, so daß sie bei hinreichender Beleuchtung direkt Relais betätigen können. Für Meßzwecke sind sie zu inkonstant und temperaturabhängig; für technische Zwecke werden sie, namentlich in Amerika, gelegentlich benutzt.

III. Photoelemente.

Die jüngsten Erzeugnisse der Photozellentechnik sind die Photoelemente, auch Sperrschichtzellen genannt. Sie haben schon heute, nach einer kurzen stürmischen Entwicklung, eine gewaltige Menge wichtiger Anwendungen; dabei scheinen wir hier erst im Anfang eines vielversprechenden Zweiges instrumenteller Technik zu stehen.

Das wichtigste und für die Anwendung bedeutsamste Merkmal der Photoelemente ist, daß sie bei Belichtung eine selbständige EMK beträchtlicher Größe ohne Verwendung einer Hilfsspannung ergeben und damit empfindliche Meßinstrumente oder Relais betätigen können. Die Energie des entstehenden elektrischen Stromes wird also restlos durch Umformung der Lichtenergie gewonnen. Zur Zeit der Wiederentdeckung dieses Photoeffektes vor einigen Jahren gelegentlich auftretende Hoffnungen auf eine rationelle Umwandlung und Nutzbarmachung der Sonnenenergie sind zwar schnell als Utopien erkannt worden; es bleibt uns aber in den Photoelementen heute schon ein sehr nützliches Hilfsmittel für vielerlei wissenschaftliche und praktische Messungen.

Photoelemente bestehen aus einer Halbleiterschicht zwischen zwei metallischen Elektroden, von denen die eine lichtdurchlässig, also sehr dünn ist. Zwischen dem Halbleiter und einer der Elektroden bildet sich bei der Herstellung eine schlechtleitende Schicht mit in beiden Richtungen verschiedenem Widerstand aus, deren Vorhandensein

für das Zustandekommen eines beobachtbaren Effektes eine große Rolle zu spielen scheint. Die Schicht kann an der dünnen Vorderelektrode liegen (Vorderwandelemente, die meisten der heute in der Praxis gebräuchlichen Photoelemente) oder an der Rückseite (Hinterwandelemente); diese werden nur mit Kupferoxydul-Halbleiter hergestellt und sind natürlich nur in Spektralgebieten empfindlich, wo dieses Material lichtdurchlässig ist. Bezüglich der Ausbeute werden die Kupferoxydulelemente weit übertroffen von den fast ausschließlich gebrauchten Selen-Photoelementen. Diese können bei Bestrahlung mit Sonnenlicht Ströme bis zu einigen Milliampere und Spannungen bis zu 0,2 V liefern. Wendet man die Photoelemente für Meßzwecke an, so dürfen sie allerdings nicht so starken Beanspruchungen ausgesetzt werden, da sie in diesem Fall zu Trägheitserscheinungen neigen und die Empfindlichkeit nachläßt.

Die Kapazität und die dadurch bedingte elektrische Zeitkonstante ist bei den Photoelementen größer als bei den Vakuumzellen. Infolgedessen eignen sie sich weniger gut für die Beobachtung zeitlich schnell veränderlicher Lichtvorgänge oder für Zwecke der elektrooptischen Übertragung: Bildtelegraphie, Tonfilm. Ihr innerer Widerstand ist geringer als der von Vakuumzellen; ihre Photoströme lassen sich also weniger günstig mit Röhren verstärken. Aber die große Stromausbeute der Photoelemente macht sie den Photozellen in allen jenen Fällen weit überlegen, wo verhältnismäßig starke Beleuchtung vorhanden ist und die Zelle direkt auf ein empfindliches Galvanometer arbeiten kann. Und das ist tatsächlich bei vielen praktischen Anwendungen der Fall. So gibt es z. B. kleine Taschenphotometer mit Selen-Photoelement und Drehspulgalvanometer, die bis herab zu etwa 5 Lux direkt abzulesen gestatten. Besonders bekannt sind die lichtelektrischen Belichtungsmesser für photographische Zwecke, die bereits eine große Verbreitung gefunden haben, obgleich ihnen immer noch merkliche Nachteile anhaften. Für photometrische Zwecke ist es vorteilhaft, daß mit einfachen Filtern oder Filterkombinationen die spektrale Charakteristik der Photoelemente auf die Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges angepaßt werden kann.

Durch die hohe Stromausbeute und den verhältnismäßig niederen inneren Widerstand der Elemente ist es möglich, in Verbindung mit gewöhnlichen Motorzählern (Amperestundenzähler) genügend hoher Empfindlichkeit eine zeitliche Integrierung (Lichtmengenmessung) durchzuführen, was für meteorologische und technologische Messungen (Lichtbeständigkeit von Farben usw.) auch bereits erprobt wurde.

IV. Entwicklungsmöglichkeiten.

Eine seit der Kinderzeit der lichtelektrischen Zellen vorhandene Aufgabe, die Verstärkung der schwachen Photoströme, hat man auf verschiedene Art zu lösen verstanden. Die bereits von ELSTER und GEITEL angewendete Methode, von den Photoelektronen durch Stoßionisation auf dem Weg zur Anode neue Ionenpaare und damit verstärkten Stromtransport erzeugen zu lassen, hat manche Nachteile, die sich um so stärker auswirken, je höher man diese Stromverstärkung bei den gasgefüllten Photozellen treibt. Neuerdings versucht man mit anscheinend gutem Erfolg, die Sekundärelektronen nicht aus der Gasfüllung der Zelle zu beziehen, sondern durch das Auftreffen der primären Photoelektronen auf eine Hilfselektrode aus dieser Sekundärelektronen herauszuschießen. Wie leicht einzusehen, kann man mehrere derartige Systeme in Kaskade hintereinanderschalten und damit eine Potenzierung der Primäremission erreichen. Es scheint, daß diese Systeme nicht nur als lichtelektrische Zellen, sondern auch als Verstärkerröhren recht aussichtsreich sind.

Der große Aufschwung der elektrooptischen Übertragungstechnik — Tonfilm, Bildtelegraphie, Fernsehen — ging mit der Entwicklung der lichtelektrischen Zellen Hand in Hand und wurde durch diese zum Teil erst möglich gemacht. Hierher kommen jetzt grundsätzlich neue Anregungen, die zum Teil schon über die ersten Anfänge hinaus sind und jedenfalls dem Physiker ein weites und hochinteressantes Feld eröffnen: Elektronenoptik.

Die Analogie zwischen der Abbildung eines emittierenden Kathodenflecks auf einen Fluoreszenzschirm mittels elektrischer und magnetischer Felder, und der eines leuchtenden Punktes durch Linsen und Spiegel, ist nicht nur formal; man hat inzwischen für viele optische Systeme der Lichtoptik analog gebaute Systeme der Elektronenoptik durchgerechnet und hergestellt. Die Rolle der Bildfehler in der Elektronenoptik ist erkannt und manche davon sind in Anlehnung an die optischen Methoden beseitigt worden. Wir haben heute Elektronenfernrohre und Elektronenmikroskope, die hinsichtlich Vergrößerung und Auflösung zwar noch nicht weiter entwickelt sind als lichtoptische Systeme, aber immerhin schon einen zahlenmäßigen Vergleich mit ihnen aushalten. Dafür eröffnen diese elektronenoptischen Systeme Möglichkeiten, an die man früher kaum denken konnte: Bilder der räumlichen Verteilung der Emission einer Glühkathode oder Photokathode werden durch die Elektronen selbst entworfen; ein auf eine großflächige, gleichmäßig empfindliche Photokathode projiziertes Bild wird mittels der elektronenoptischen Abbildung im gleichen oder anderen Maßstab auf einen Fluoreszenzschirm entworfen. Wir können dadurch z. B. Mikrophotographien mit ultrarotem Licht ausführen (jenseits der Empfindlichkeitsgrenze photographischer Emulsionen) oder in einem Ultrarotfernrohr durch Dunst oder Nebel weiter sehen als mit sichtbarem Licht. Das wäre eine Transformation der Wellenlänge (Ultrarot in sichtbar) bei gleichzeitiger Möglichkeit zur Änderung der Vergrößerung. Ein weites Feld eröffnen diese Systeme in der Fernsehtechnik.

Literatur:
R. FLEISCHER u. H. TEICHMANN, Die lichtelektrische Zelle und ihre Herstellung. Dresden-Leipzig 1934. — B. LANGE, Die Photoelemente und ihre Anwendung. I. u. II. Bd. Leipzig 1935/36. — H. SIMON u. R. SUHRMAN, Lichtelektrische Zellen und ihre Anwendungen. Berlin 1934. — R. SUHRMANN, Elektronen aus äußeren Grenzflächen. Physik in regelmäßigen Berichten. Bd. III, S. 133. 1935. — R. SEWIG, Objektive Photometrie. Berlin 1935. — V. K. ZWORYKIN, Elektronenoptische Systeme und ihre Anwendung. Z. techn. Physik **17**, Nr 6, 170—183 (1936).

Über die Bildung des Instinktbegriffes.

Von KONRAD LORENZ, Altenberg.

(Schluß[1].)

III. Die Reflextheorie der Instinkthandlung.

Den SPENCER-LLOYD MORGANschen Anschauungen über die Instinkthandlung steht in scharfem Gegensatz die ZIEGLERsche gegenüber. H. E. ZIEGLER sagt von der Instinkthandlung: „Ich habe den Unterschied zwischen instinktmäßigen und verstandesmäßigen Verhaltungsweisen in folgender Weise definiert: die ersteren beruhen auf angeborenen, die letzteren auf individuell erworbenen Bahnen. So tritt an Stelle der psychologischen Definition eine histologische Begriffsbestimmung".

Wir wollen davon absehen, daß hier eine Aussage über die „verstandesmäßige" Verhaltungsweise gemacht wird, der wir nicht ohne weiteres beistimmen können. Sie ist eine Behauptung, die man vielleicht als Arbeitshypothese vertreten, vorläufig aber ebensowenig beweisen wie widerlegen kann. Ich möchte aber auf die interessante und durchaus nicht selbstverständliche Tatsache hinweisen, daß sich die Auffassung der Instinkthandlung als Kettenreflex so gut wie ausschließlich bei radikal mechanistisch eingestellten Autoren findet. Nichtmechanistische Biologen pflegen mit einer gewissen Affektbetontheit gegen die Annahme aufzutreten, daß die Instinkthandlungen vielleicht als reflektorische Vorgänge erklärbar seien. Besonders MCDOUGALL argumentiert gegen die Reflextheorie der Instinkthandlung stets so, als ob ihre Annahme gleichbedeutend mit einer Gleichsetzung von Organismus und Maschine wäre. Diese Einstellung ist dadurch zu erklären, daß die Autoren, gegen die sich MCDOUGALL mit Recht wendet, diese Gleichsetzung in höchst dogmatischer Weise durchzuführen versuchten. Da die Instinkthandlung ganz sicher nur einen *Teil* der tierischen Verhaltungsweisen darstellt, wird das Tier in Wirklichkeit sicher nicht zu einer Maschine „herabgewürdigt", wenn es uns gelingen sollte, die instinktmäßigen Abläufe reflexphysiologisch zu erklären. Das Tier wird dadurch genau so wenig zur Maschine gestempelt, wie, grob gesprochen, der Mensch dadurch zur Maschine wird, daß wir die Funktion eines Teiles seiner Organisation, beispielsweise seines Ellenbogengelenkes, ziemlich vollständig mechanisch erklären können. Der Umstand, daß die Reflextheorie von Mechanisten, die anderen Anschauungsweisen von Vitalisten vertreten wurden, hat sich auf die Diskussion höchst ungünstig ausgewirkt.

Bevor wir uns mit der Frage befassen können, inwieweit der Begriff, den wir uns von der Instinkthandlung gebildet haben, mit dem des Reflexes vergleichbar sei, müssen wir uns klar darüber werden, welchen Inhalt wir diesem Begriffe zu geben gedenken. Es wäre ein Irrtum, zu glauben, daß das Wort Reflex immer nur für einen Begriff gleichen Inhaltes gebraucht werde, wenn auch die Sprachverwirrung hier nicht jenes Ausmaß angenommen hat, wie bezüglich der Bezeichnung Instinkt. Für die Ziehung eines Vergleiches dürfte es sich empfehlen, einen möglichst *eng* gefaßten Reflexbegriff zu verwenden, denn Gleichsetzungen, die mit einer *Erweiterung* eines der beiden gleichgesetzten Begriffe einhergehen, sind Scheinlösungen der jeweils aufgeworfenen Fragen. Wenn wir den Begriff des Reflexes so weit fassen wie BECHTEREW, der schlechterdings jeden an einem lebenden Organismus sich abspielenden Bewegungsvorgang als Reflex bezeichnet, also auch Bewegungen von Protozoen, Tropismen von Pflanzen und sogar Wachstumsvorgänge mit diesem Terminus belegt, dann wird unsere Aussage, die Instinkthandlung sei ein Reflexvorgang, zwar unleugbar formal richtig sein, zugleich aber vollkommen wertlos werden. Daß es möglich sein muß, über Instinkthandlung und den landläufigen Begriff des Reflexes einen übergeordneten Begriff zu bilden, ist selbstverständlich. Wenn wir aber diesen übergeordneten Begriff kurzweg mit dem Worte Reflex bezeichnen, so machen wir uns einer Erweiterung des Reflexbegriffes schuldig, der vorzuwerfen ist, daß sie die schon gewonnenen, auf gesicherten Forschungsergebnissen begründeten Umgrenzungen des ursprünglichen, engeren Begriffes zerstört, ohne Entsprechendes an ihre Stelle zu setzen. Dieser Schaden wird durch den Gewinn eines neuen Einteilungsgesichtspunktes sicher nicht wettgemacht. Diese Kritik richtet sich ausschließlich gegen die von BECHTEREW angewandte allgemeine Terminologie. Was er im Speziellen über die „erborganischen Reflexe", wie er die Instinkthandlungen bezeichnet, aussagt, ist zum größten Teil sehr beachtenswert.

Wir wollen aus den besprochenen Gründen in der nun folgenden Diskussion der ZIEGLERschen Reflextheorie der Instinkthandlung den *engsten* der gangbaren Reflexbegriffe gebrauchen und unter einem „Reflex" nur einen solchen Vorgang verstehen, dem als anatomisches Substrat ein „Reflexbogen" zugrunde liegt, der aus einer zentri-

[1] Vgl. Heft 19, S. 289, und Heft 20, S. 307.

petalen und einer zentrifugalen Leitung besteht, sowie aus einem dazwischengeschalteten, größeren oder kleineren Abschnitt des Zentralnervensystems, welcher als „Reflexzentrum" der Übertragung der Erregung vom zentripetalen auf den zentrifugalen Schenkel des Bogens dient. Tatsächlich dachte sich ZIEGLER die Instinkthandlung aus solchen in ihrer anatomischen Grundlage erfaßbaren Reflexvorgängen aufgebaut.

Der am nächsten liegende Einwand gegen die Reflextheorie der Instinkthandlung in dieser schärfsten Formulierung liegt in den *Regulationserscheinungen*, die sich bei vielen Instinkthandlungen, besonders bei den einfacheren unter ihnen, nachweisen lassen. Ich erinnere an die Versuche von BETHE, die zum großen Teil nur angestellt wurden, um die Unhaltbarkeit von Bahntheorie und Zentrenlehre aufzuweisen. BETHE hat durch Amputationsversuche zeigen können, daß die Gangkoordinationen der verschiedensten Tiere einer großen Zahl von Regulationen fähig sind. Bei vielfüßigen Tieren, wie bei Krebsen, war die Zahl der möglichen Koordinationen des Schreitens so groß, daß BETHE mit Recht auf die Unwahrscheinlichkeit der Annahme hinweist, daß jeder von ihnen eine besondere „Bahn" zugrunde liege. Man kann schwer annehmen, daß ein Flußkrebs „für den Fall" jeder der experimentell erzeugten Kombinationen von Beinverlusten eine spezielle „Reservebahn" bereitliegen hat! Es fragt sich aber, ob zum Zustandekommen dieser „ganzheitlichen" Regulationsvorgänge wirklich notwendigerweise der Organismus als ganzes reagieren muß, ob man die Möglichkeit ganz von der Hand weisen darf, daß vielleicht hochkomplizierte Systeme von Reflexen im engsten Sinne zu ihrer Erklärung ausreichen. Ein enthirnter Frosch, der doch wohl nicht als ganzheitlicher Organismus gelten kann, und dessen Reaktionen von allen Physiologen als reine Reflexvorgänge aufgefaßt werden, reagiert bei seinem „Wischreflex" auch ganzheitlich, indem er mit seiner Hinterpfote zielsicher stets die gereizte Stelle trifft, wo immer der Reiz gesetzt wurde, und bei Fesselung des gleichseitigen Hinterbeines sofort das der Gegenseite heranzieht. Die von BETHE erhobenen Bedenken gegen die bahntheoretische Deutung der Instinkthandlung bestehen somit auch Vorgängen gegenüber, die von der Physiologie allgemein als Reflexe aufgefaßt werden.

Der Nachweis des anatomischen Substrates in Gestalt eines Reflexbogens ist mit einiger Genauigkeit nur in den allereinfachsten Fällen gelungen. Die von den Neurologen in ihrem Bahnverlauf genau erforschten Reflexe, wie etwa ein Sehnenreflex, der Bauchdeckenreflex usw., sind durchweg Erscheinungen, die nur in einem vom Gesamtgeschehen im Organismus isolierten Ablaufen genau bekannt sind, so daß ihre bahntheoretische Erklärung, genau genommen, nur für diesen Sonderfall als sicher gültig angesehen werden darf. Von solchen einfachsten und im Sinne der Bahntheorie ziemlich vollständig erfaßbaren Abläufen bestehen nun alle nur denkbaren Übergänge zu solchen „Reflexen", die, wie der Wischreflex des Frosches, durchaus die für die Instinkthandlung bezeichnende Regulationsfähigkeit besitzen.

Der Einwand, welcher der Reflextheorie der Instinkthandlung aus den Regulationserscheinungen erwächst, ist somit gegen die bahntheoretische Erklärung sehr vieler, ganz allgemein als Reflexvorgänge betrachteter Abläufe ganz ebenso zu erheben. Zu einem Versuch, die Instinkthandlung vom Reflex abzugrenzen, können die Regulationserscheinungen demnach nicht herangezogen werden, man wollte denn Vorgänge, wie den Wischreflex des Frosches, ebenfalls als „Instinkthandlungen" vom Reflexe abgliedern. Es läßt sich tatsächlich einiges für eine derartige Abgrenzung anführen. Die wenigsten der in ihrer anatomischen Grundlage einigermaßen genau erfaßten Reflexe können in ihrem experimentell isolierten Ablaufen als arterhaltend sinnvolle Verhaltungsweisen gelten. So groß ihre Bedeutung für den Neurologen ist, müssen sie vom Biologen eigentlich als Zufallserscheinungen gewertet werden. Immerhin sind sie arterhaltend wertvollen Vorgängen so offensichtlich nahe verwandt, daß trotz der vorläufig mangelhaften Auflösbarkeit der letzteren kein Physiologe ernstlich daran denken wird, zwischen beiden eine Grenze ziehen zu wollen. VERWORN hat in seine Definition des Reflexes dessen arterhaltenden Wert sogar als ein wesentliches Merkmal mit aufgenommen. Er sagt: „Das Wesen des Reflexes besteht darin, daß ein den Reiz perzipierendes und ein den Reiz in *zweckmäßiger* (von mir *kursiv*) Weise beantwortendes Element durch ein zentrales Verbindungsstück so untereinander in Beziehung gesetzt werden, daß usw." Die oben besprochene Abgrenzung der Instinkthandlung vom Reflexe käme einer Bestimmung beider Begriffe nach der *Erfaßbarkeit* der anatomischen Grundlage gleich und wäre somit ziemlich sinnlos, da jedes neue Ergebnis analytischer Forschung Vorgänge, die bisher für Instinkthandlungen galten, unter den Reflexbegriff bringen könnte.

Schließlich möchte ich feststellen, daß ein absolut zwingendes Argument gegen die *Möglichkeit* einer bahntheoretischen Erklärung der Instinkthandlung in den besprochenen Regulationserscheinungen *nicht* gegeben ist. Es erscheint durchaus denkmöglich, mechanische Modelle zu konstruieren, welche die von BETHE beobachteten Regulationen der Gangkoordinationen nachzuahmen imstande sind. Ein derartiges mechanisches Modell eines Systems von Reflexen müßte ganz sicher eine ungeheure Komplikation des Aufbaues erreichen, aber es wird sich ja auch kein mit den Tatsachen vertrauter Vertreter der Reflextheorie eine Instinkthandlung anders als auf einem sehr hochdifferenzierten System von Reflexbahnen aufgebaut denken. Auch ZIEGLER hat dies sicher nicht getan. Die Regulationserscheinungen sprechen also, genau

genommen, nicht gegen die Bahntheorie an sich, sondern nur gegen die Annahme, daß eine Instinkthandlung in einer einzigen Bahn, oder einigen wenigen Bahnen festgelegt sei.

Wenn ich hier die Reflextheorie der Instinkthandlung verteidige und mich sogar, mit gewissen Vorbehalten, als ihr Anhänger bekenne, so soll das nicht besagen, daß ich sie als Arbeitshypothese besonders hoch einschätze. Beim Studium der instinktmäßigen Handlungen stützen wir uns auf ein Tatsachenmaterial, das einer Wissensquelle entstammt, die von derjenigen recht verschieden ist, aus der die Reflexphysiologie ihre Kenntnisse schöpft. Eine Erforschung der Instinkthandlung durch die Methodik der Reflexphysiologie erscheint sehr wenig aussichtsreich, da das sofortige Ausfallen der höher differenzierten Instinkthandlungen bei körperlichen Schädigungen geringsten Grades es vollständig unmöglich macht, aus dem Ausfallen einer Funktion nach einem vivisektorischen Eingriff irgendwelche Schlüsse zu ziehen. Durch diese rein technische Schwierigkeit wird der Wert der Reflextheorie der Instinkthandlung als Arbeitshypothese stark herabgesetzt.

Ein ähnlicher Einwand gegen die Reflextheorie der Instinkthandlung, wie der auf Grund der Regulationserscheinungen erhobene, gründet sich auf die S. 292 besprochenen *Intensitätsverschiedenheiten* im Ablaufe instinktmäßiger Reaktionen. Wir haben gesehen, daß die Erscheinungsformen einer und derselben Reaktion je nach Intensität der Erregung des Tieres beträchtlich voneinander abweichen können. Da diese Erscheinungsformen in stufenlosem Übergang ineinanderfließen, kann man behaupten, daß sie in unendlicher Zahl vorhanden seien und kann diese Zahl gegen die Annahme eines anatomischen Substrates für den Ablauf anführen. Andererseits drückt sich aber gerade in diesen Intensitätsskalen eine so zwangsläufige, man ist versucht zu sagen „maschinenmäßige" Gesetzmäßigkeit aus, daß einem physikalische Gleichnisse ganz unbewußt in die Feder fließen und man von einem „Erregungsdruck" u. dgl. spricht.

Eine andere Eigenheit der Instinkthandlung, die, ohne eigentlich einen Einwand gegen die Reflextheorie darzustellen, doch nicht aus der Reflexnatur der instinktmäßigen Abläufe erklärt werden kann, ist die S. 298 besprochene Senkung des Schwellwertes der eine Instinkthandlung auslösenden Reize. Diese Schwellerniedrigung tritt, wie wir gesehen haben, ein, wenn die normalerweise zur Auslösung einer Reaktion nötigen Reize längere Zeit ausbleiben. Sie führt schließlich zu einem reiz-unabhängigen Hervorbrechen der Instinkthandlung, welche Erscheinung wir als „Leerlaufreaktion" bezeichnet haben. Alle diese Erscheinungen sind nicht aus dem Reizreaktionsschema des Reflexes ableitbar und bedürfen deshalb für den, der sich zur Reflextheorie der Instinkthandlung bekennt, einer zusätzlichen Erklärung.

Möglicherweise hat eine solche Erklärung einiges mit den Beziehungen zu tun, die zwischen der Schwellerniedrigung der auslösenden Reize und dem im Appetenzverhalten liegenden Suchen nach diesen Reizen bestehen. Abgesehen von ihrem rein funktionellen Zusammenwirken können nämlich Beziehungen zwischen Schwellerniedrigung und Appetenzverhalten darin gesucht werden, daß wohl beide mit den subjektiven Erscheinungen in Zusammenhang stehen, die jeden instinktmäßigen Ablauf begleiten und zweifellos nach längerer „Stauung" einer Instinkthandlung eine wesentliche Steigerung ihrer Intensität erfahren. Weiter möchte ich über die Erlebnisseite der in Rede stehenden Erscheinungen noch aussagen, daß augenscheinlich die Wahrnehmung derjenige Teil des „Reflexbogens" ist, an dem die Veränderung der Reaktion angreift. „Du siehst, mit diesem Trank im Leibe, bald Helenen in jedem Weibe", sagt GOETHE, oder, um ein prosaischeres Beispiel anzuwenden, unser Speichelreflex spricht nach längerem Hungern auch auf den Geruch einer Speise an, von der wir uns für gewöhnlich mit Ekel abwenden. ELIOT HOWARD sagt, daß sich mit Verschiedenheit der Intensität einer Reaktion das Wahrnehmungsfeld (perceptual field) des Tieres ändere und meint damit ganz offensichtlich dasselbe, was ich hier auszudrücken versuche.

Die Schwellerniedrigung der auslösenden Reize wird von CRAIG als eine Teilerscheinung des „Appetites" gewertet, dessen hauptsächlichster Ausfluß das zweckgerichtete Suchen nach diesen Reizen, also das Appetenzverhalten ist. Da CRAIG dieses Reizsuchen dem Begriff der Instinkthandlung einordnet, es als einen Teil dieser letzteren auffaßt, erscheint dieses Vorgehen bei ihm durchaus folgerichtig; tatsächlich *wirken* beide einheitlich, im Sinne einer Vergrößerung der *Bereitschaft* des Tieres zu der betreffenden Handlung. Da wir aber durch unsere engere Fassung des Instinktbegriffes gezwungen werden, derartige funktionell einheitliche Verhaltungsweisen weiter zu analysieren, müssen wir die Schwellerniedrigung der auslösenden Reize als eine Eigenschaft der Instinkthandlung scharf von dem reizsuchenden Appetenzverhalten trennen, das uns auch in seiner primitivsten Form als Vertreter der höheren, zweckgerichteten Verhaltungsweisen zu gelten hat. Die Beziehungen, die, wie oben angedeutet, möglicherweise zwischen beiden bestehen, haben auf diese Trennung der Begriffe keinen Einfluß, stehen auch in keinerlei Widerspruch zu ihr.

Schon in den oben herangezogenen, von der subjektiven Seite her beleuchteten Beispielen stellt sich die in Rede stehende Erscheinung nicht nur als eine Erniedrigung der Schwellwerte auslösender Reize dar, sondern auch als eine Verminderung der Selektivität des Organismus, als eine Bereitschaft, auf nicht ganz adäquate Reize anzusprechen. Bei objektgerichteten Abläufen kann dies dazu führen, daß bei längerem Fehlen des adäquaten, biologisch richtigen Objektes die Reaktion

mit einem anderen, nicht ganz entsprechenden Objekte sozusagen „vorlieb" nimmt. Solche am Ersatzobjekt ablaufenden Instinkthandlungen verursachen, genau wie der biologisch richtige Ablauf, ein sofortiges Wiederansteigen der abnorm erniedrigten Reizschwelle, wenn auch wohl nicht eine Rückkehr der Schwellwerte zur Norm. Dieses Steigen der Reizschwelle, oder, wenn man so will, diese Erhöhung der Selektivität des perzeptorischen Schenkels der Reaktion, hat nun zur Folge, daß das Reagieren auf die nicht ganz adäquate Reizsituation schon nach ganz kurzem Reaktionsablauf wieder verschwindet. Eine Instinkthandlung, die dem normalen Objekt gegenüber durch lange Zeit und sehr oft hintereinander ausgeführt wird, wird daher am Ersatzobjekt nur ganz kurz, oder nur wenige Male betätigt. So konnte LISSMANN zeigen, daß die Kampfreaktionen einzeln gehaltener Kampffischmännchen, Betta splendens, zunächst durch recht plumpe Plastilinattrappen auslösbar waren, aber sehr rasch ermüdeten, und zwar um so rascher, je weniger diese Ersatzobjekte dem artgleichen Kampfgegner entsprachen. Ein Nachtreiher, dessen Junges wir aus dem Neste nahmen und frei auf eine Wiese setzten, beantwortete diese unnormale Reizsituation damit, daß er das Junge für einen Augenblick huderte, um sofort wieder aufzustehen und von ihm wegzugehen. Kurz darauf verteidigte er es *einmal* gegen einen Pfauhahn, wandte aber, trotz Weiterbestehens der Bedrohung des Jungen durch diesen Vogel, seine Aufmerksamkeit sogleich wieder von beiden ab und der still danebenstehenden Pflegerin zu, um diese um Futter anzubetteln. Als wir das Junge ins Nest zurückbrachten, wurde es dort besonders lange und intensiv „freudig" begrüßt, sofort andauernd gehudert und ebenso mit größter Wut und durchaus unermüdlich gegen mich verteidigt.

Ich bin im allgemeinen kein großer Freund physikalischer Denkmodelle für biologische Vorgänge, weil man durch sie allzuleicht in den Glauben gewiegt werden kann, man habe einen Vorgang voll kausal-analytisch erfaßt, von dem man in Wirklichkeit nur ein sehr unvollkommen zutreffendes Modell verstanden hat. Trotzdem glaube ich, mit obigem Vorbehalt, ein physikalisches Gleichnis dafür gebrauchen zu dürfen, wie sich die Instinkthandlung und die sie auslösenden Reize bei und zwischen den Abläufen verhalten. Wir haben schon mehrmals gleichnismäßig von einem „Erregungsdruck" gesprochen, und tatsächlich verhält sich das Tier während der Zeit, in der ein bestimmter Ablauf ungebraucht bleibt, ganz genau so, als würde irgendeine reaktionsspezifische Energie *kumuliert*. Es ist, als würde ein Gas dauernd in einen Behälter gepumpt, in dem der Druck daher kontinuierlich im Wachsen ist, bis es, unter ganz bestimmten Umständen zu einer Entladung kommt. Die verschiedenen Reize, die zur Entladung des kumulierten „Erregungsdruckes" führen, möchte ich als Hähne symbolisieren, die das angesammelte Gas wieder aus dem Behälter strömen lassen. Dabei entspricht der adäquate Reiz, genauer gesagt, die adäquate Kombination von Reizeinwirkungen, einem einfachen Hahn, der den Druck im Behälter bis auf das Maß des Außendruckes zu erniedrigen imstande ist. Allen anderen, mehr oder weniger unadäquaten Reizen, entsprechen Hähne, denen ein Hindernis in Gestalt eines Federventiles vorgeschaltet ist, das erst von einem bestimmten Binnendruck aufwärts Gas ausströmen läßt. Daher vermögen diese Hähne den innerhalb des Behälters herrschenden Druck nie vollständig zu entspannen, und zwar um so weniger, je stärker die Feder des vorgeschalteten Ventiles ist, d. h., je unähnlicher der auslösende Ersatzreiz der normalen, adäquaten Reizsituation ist. Die rasche Ermüdbarkeit, die der instinktmäßige Ablauf bei unadäquater Auslösung zeigt, läßt sich auf diese Weise sehr gut und wahrscheinlich auch in einer ihr Wesen treffenden Weise versinnbildlichen. Unser Vergleich hinkt aber in bezug auf einen wichtigen Punkt, weil er die Leerlaufreaktion nicht, oder nur schlecht modellmäßig darzustellen vermag. Das elementare, geradezu explosive Hervorbrechen der Reaktion, welches das Tier bis zur Erschöpfung „auspumpt", läßt sich unmöglich als ein Druckabblasen durch eine Art Sicherheitsventil darstellen, ließe sich noch am besten durch ein Platzen des ganzen Behälters versinnbildlichen.

Dieses Verhalten der Instinkthandlung, das den Gedanken an innere Kumulationsvorgänge so ungemein nahelegt, ist bei allen jenen Reaktionen leicht zu verstehen, die einen *Bedarf* des Körpers zu decken haben, wie die Instinkthandlungen der Nahrungs- und Wasseraufnahme, des Absetzens von Fäkalien, Exkreten und Geschlechtsprodukten. Man weiß in vielen dieser Fälle sehr genau, wie der innere Reiz auf dem Wege mehr oder weniger komplizierter Systeme von Indikatoren zum subjektiven Bedürfnis wird und dem äußeren einen größeren oder kleineren Teil der Reaktionsauslösung abnimmt. Wir müssen aber hier betonen, daß sich das Tier bei sehr vielen, ja vielleicht bei *allen* instinktmäßigen Reaktionen, durchaus analog verhält, also auch bei solchen, bei denen die Existenz eines derart einfach zu fassenden inneren Reizes mit Sicherheit auszuschließen ist. Besonders auffallend ist die Unabhängigkeit von nachweisbaren inneren Reizen bei den sog. negativen Reaktionen, bei den Flucht- und Abwehrhandlungen vieler Tiere. Gerade an ihnen kann man die Schwellerniedrigung auslösender Reize am allerbesten demonstrieren, da sie bei gefangenen Tieren fast regelmäßig auftritt, besonders bei solchen, die in menschlicher Pflege großgeworden sind. Ich konnte zeigen, daß bei Vögeln jungaufgezogene Individuen besonders bei solchen Arten eine auffallende Schwellerniedrigung der Fluchtreize zeigten, bei denen die Fluchtreaktion des Jungvogels nicht durch den Anblick instinktmäßig „erkannter" Feinde, sondern

vielmehr durch das Warnen, oder überhaupt durch das Erschrecken und Fliehen der Elterntiere ausgelöst wird. Solche Jungvögel sind daher in der Obhut des Menschen *jeder* adäquaten Auslösung der Fluchtreaktion entzogen und können diese sozusagen nicht loswerden. Sie zeigen, wie zu erwarten, eine in der Praxis der Tierhaltung höchst lästige Neigung, die geringfügigsten Ersatzreize zum Anlaß einer ganz gefährlichen Panik zu nehmen, oder selbst ohne nachweisbaren Reiz plötzlich loszurasen. Sehr ähnlich verhalten sich viele Huftiere, besonders manche Antilopen. Auch hier sind es, wie mir ANTONIUS mitteilte, vor allem die durch den Menschen isoliert großgezogenen Stücke, die sich in blinder und grundloser Panik am Gehegegitter totrennen.

Wir haben angedeutet, daß sich die Leerlaufreaktion im allgemeinen durch hohe Erregungsintensität auszeichnet, ja vielleicht bei manchen Instinkthandlungen stets von *maximaler* Intensität ist, wie z. B. bei den eben besprochenen Fluchtreaktionen. Man darf wohl sagen, daß bei geringer Intensität des Bedürfnisses nach einer bestimmten Reaktion und gleichzeitiger Darbietung optimaler äußerer Gelegenheit zu ihrem Ablauf typisch die S. 292 beschriebenen Reaktionsinitien und unvollständigen Abläufe in Erscheinung treten, während bei hohem inneren Erregungsdruck und mangelhafter oder ganz fehlender äußerer Gelegenheit deutlich andersgeartete Fehlhandlungen zur Beobachtung kommen. Während im ersten Falle die Unvollständigkeit des Ablaufes die Erreichung des arterhaltenden Zieles verhindert, wird es im zweiten oft in sehr anschaulicher Weise klar, daß es die Starrheit des an sich vollkommenen Ablaufes ist, die die Erfüllung des biologischen Sinnes unmöglich macht, sowie auch nur der geringste Grad der Anpassungsfähigkeit von der Handlungskette verlangt wird. *Beide gegensätzlichen Fälle sind klarste Beweise für das vollständige Fehlen jedes Zusammenhanges zwischen dem biologischen Sinn einer instinktmäßigen Verhaltungsweise und jenem Zweck, den das Tier als Subjekt verfolgt.* In einem Fall bleibt das arterhaltende Ziel der Reaktion unerreicht, weil trotz Erfülltsein aller äußeren Bedingungen der innere „Erregungsdruck" des Tieres nicht ausreicht, um es durch alle Einzelhandlungen der Kette „hindurchzutreiben", im anderen führt es die lückenlose Folge dieser Handlungen mit allerhöchstem Eifer durch, obwohl alle angeblich als „Verhaltungsunterstützung" nötigen Reize und oft sogar die rein physikalischen Bedingungen des Ablaufes fehlen.

Die Vollständigkeit des Ablaufes der Handlungskette bei der Leerlaufreaktion mag zunächst im Sinne einer bahntheoretischen Deutung bestechend erscheinen. Die Erniedrigung der Reizschwelle aber, die als der jeder Leerlaufreaktion zugrunde liegende Vorgang zu gelten hat, ist etwas dem einfachen Reizreaktionsschema des Reflexes durchaus Fremdes und bedarf, wie schon angedeutet wurde, zum mindesten einer besonderen Erklärung. Ebenso, wie die schon besprochenen Regulationserscheinungen, spricht die Schwellerniedrigung nicht gegen die grundsätzliche Richtigkeit, sondern nur gegen das alleinige Ausreichen der Reflextheorie der Instinkthandlung.

Wenn wir uns nun die Frage vorlegen, ob wir die Erscheinungen der Schwellerniedrigung zu einer begrifflich scharfen Abtrennung der Instinkthandlung vom Reflexe im engsten Sinne verwenden können, so müssen wir verneinend antworten. Es ist ja jede Ermüdungserscheinung als derselbe Vorgang mit umgekehrtem Vorzeichen auffaßbar; während der Erholungszeit nach längerer Beanspruchung zeigen die verschiedensten, animalischen Funktionen dienenden Gewebe die Erscheinung eines allmählichen Anwachsens der Erregbarkeit, einer Schwellerniedrigung auslösender Reize, zwar in quantitativ sehr verschiedener, aber doch unverkennbar analoger Weise. Die Erscheinung ist also ganz sicher nichts, was dem anatomischen Substrat der instinktmäßigen Abläufe allein zukommt.

Die wichtigste Eigenheit des instinktmäßigen Bewegungsablaufes, die ebenfalls im Reizreaktionsschema des Reflexes ihre Erklärung nicht finden kann, liegt in seinem *Angestrebtwerden* durch jene Verhaltungsweisen, die wir S. 295 als *zweckgerichtetes* oder *Appetenzverhalten* bereits ausführlich besprochen haben. Die Tatsache, daß der Ablauf der Instinkthandlung den Zweck des zweckgerichteten Verhaltens darstellt, spricht an sich *nicht* gegen die Kettenreflexnatur ihrer Bewegungskoordinationen. Nur ist es zunächst noch gänzlich unklar, wieso es kommt, daß das Tier den Ablauf dieser Kettenreflexe anstrebt, was es ja durchaus nicht *allen* seinen Reflexen gegenüber tut! Es fällt keinem Menschen ein, sich um die Reizsituation, in der sein Patellarreflex ausgelöst wird, um des Reflexablaufes selbst willen zu bemühen. Es gehört eigentlich zu dem Begriff des Reflexes, daß er, wie eine ungebrauchte Maschine, dauernd bereitliegt und nur dann in Tätigkeit tritt, wenn bestimmte Schlüsselreize auf die Rezeptoren des Tieres einwirken. Daß die Reaktion sich sozusagen selbst meldet, das Tier in Unruhe versetzt und veranlaßt, nach diesen Schlüsselreizen aktiv zu *suchen*, gehört nicht zum Wesen des Reflexes, ohne aber *gegen* die Reflexnatur des schließlichen Ablaufes zu sprechen. Im einfachsten Fall ist dieses Suchen nicht mehr als eine motorische Unruhe, die allerdings auch schon als ein Suchen nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum wirkt, im entgegengesetzten Grenzfall kann es durch die höchsten Leistungen von Lernen und Einsicht geleitet sein, die wir im Tierreich überhaupt finden. Jenes In-Unruhe-Versetzen des Tieres, jener *Ansporn* zu gerichtetem oder ungerichtetem Suchen nach einer ganz bestimmten Reizsituation, in welcher dann erst das angeborene Auslöseschema der angestrebten Reaktion zum Ansprechen gebracht wird, ist das-

jenige, was ich mit dem Worte *Trieb* bezeichnen möchte, wobei ich mir voll bewußt bin, daß dieser Triebbegriff noch weniger als der von mir angewandte Begriff der Instinkthandlung der herkömmliche ist.

Zweifellos sind es zwei Faktoren, die das Tier unmittelbar veranlassen, die den instinktmäßigen Ablauf auslösende Reizsituation anzustreben. Der erste ist das, was wir eben als „Trieb" bezeichneten, den zweiten stellen, nach vorangegangener Erfahrung, jene Lustgefühle dar, die den Ablauf der Instinkthandlung begleiten. So wenig es je gelingen kann, für diese subjektiven Erscheinungen eine kausale Erklärung zu geben, so nahe liegt es, ihnen eine — natürlich nur im Sinne der Arterhaltung — finale Deutung zu unterlegen. Das Tier wird zum Ablaufenlassen der für die Arterhaltung notwendigen Bewegungskoordinationen „getrieben und gelockt". Über die Art und Weise, wie bei der Erwerbung der Instinkt-Dressurverschränkungen die Funktionslust als Köder wirkt, der das Subjekt zum Beschreiten des von der Arterhaltung vorgeschriebenen Weges veranlaßt, haben wir schon (S. 297) gesprochen. Ohne diese doppelte Motivierung alles Appetenzverhaltens wäre ein genügendes Ausmaß der Ausübung instinktmäßiger Abläufe nicht genügend gesichert, man kann behaupten, daß eine Tierart ohne sie zum baldigen Aussterben verurteilt wäre.

Während sich weder die Erscheinung der Regulationsfähigkeit, noch die der Schwellerniedrigung auslösender Reize zur begrifflichen Abgrenzung der Instinkthandlung vom Reflex bei näherer Betrachtung als brauchbar erwiesen hat, ist ihr Angestrebtwerden, ihre Funktion als Ziel des Appetenzverhaltens zweifellos zu einer definitionsmäßigen Abtrennung der Instinkthandlung als einer besonderen Art reflektorischer Vorgänge verwendbar. Es könnte auf den ersten Blick störend erscheinen, daß eine derartige Definition der Instinkthandlung Subjektives zu ihrer Charakterisierung heranzieht, daher sei hier nochmals betont, daß sich der Begriff des zweckgerichteten Verhaltens nach TOLMAN durchaus objektiv, vom Standpunkt der Verhaltenslehre aus, definieren läßt, wie S. 295 auseinandergesetzt wurde. Die Definition der Instinkthandlung als „angestrebter Reflexablauf" bedeutet eine schärfere Präzisierung jener Fassung des Instinktbegriffes, die VERWEY gibt, indem er sagt: „Wo sich Reflexe und Instinkte überhaupt unterscheiden lassen, verläuft der Reflex mechanisch, während die Instinkthandlung von subjektiven Erscheinungen begleitet wird". So wertvoll es uns sein muß, den Zweck in der Terminologie und von dem Standpunkt objektiver Verhaltenslehre definieren zu können, so glaube ich doch, es hieße an etwas Wesentlichem absichtlich vorbeisehen zu wollen, wenn wir die Feststellung unterließen, daß gerade die *subjektiven* Begleiterscheinungen des Instinktablaufes den *unmittelbaren* Zweck des Appetenzverhaltens darstellen.

Ich bin mir bewußt, daß die Definition der Instinkthandlung als angestrebter Reflexablauf nicht ganz ohne philosophische Schwierigkeiten ist. Die Zusammenstellung des Strebens, eines trotz seiner objektiven Erfaßbarkeit doch essentiell seelischen Vorganges, mit dem physiologischen Begriff des Reflexes, hat etwas von der Naivität der DESCARTESschen Anschauung, daß die Zirbeldrüse der Angriffspunkt psychischer Einflüsse auf körperliche Vorgänge sei. Gerade das aber bezeichnet gut die philosophisch-schwierige, aber eben deshalb wichtige und vielleicht auch aufschlußreiche Stellung des instinktmäßigen Bewegungsablaufes in der Theorie der tierischen und menschlichen Handlung; vielleicht wird dadurch eine Frage in schärferer Weise gefaßt, die der Naturphilosoph an den Biologen zu stellen hat.

Zusammenfassung.

Was mich zu der vorliegenden Kritik so ziemlich sämtlicher herkömmlichen Anschauungen über das instinktmäßige Verhalten der Tiere berechtigt und zur Umgrenzung eines neuen Begriffes der Instinkthandlung veranlaßt, sind fast ausschließliche *neue Beobachtungstatsachen*. Diese entstammen zwar durchaus nicht ausschließlich eigenen Forschungen, aber doch denen eines so engen und mir so gut bekannten Kreises gleichsinnig arbeitender Tierkenner, daß ich wohl annehmen darf, sie seien bei der Bildung des Begriffes von dem, was eine Instinkthandlung so recht eigentlich ist, noch niemals berücksichtigt worden. Ich darf wohl nicht unerwähnt lassen, daß mir die allermeisten dieser Tatsachen um vieles länger bekannt sind als die mit ihrer Hilfe hier kritisierten Theorien, und daß ich die in vorliegender Abhandlung dargestellten Anschauungen, wenn auch nicht in wissenschaftlicher Formulierung, so doch in allen wesentlichen Grundzügen fertig gebildet hatte, bevor ich auch nur die Namen der großen Instinkttheoretiker gehört hatte.

Da nun jede einzelne dieser mit so vielen herkömmlichen Meinungen nicht vereinbaren Beobachtungstatsachen in vorliegender Arbeit *wiederholt* vorkommt und in bezug auf ihre Bedeutung in verschiedenen Hinsichten an verschiedenen Orten besprochen wurde, glaube ich, die übersichtlichste Zusammenfassung des Sinnes meiner Arbeit zu geben, indem ich diese Tatsachen in gedrängter Wiederholung vorführe. Dabei will ich ihrer nicht in der Reihenfolge gedenken, in der sie in meiner Abhandlung vorkommen, sondern in derjenigen, die, wie ich glaube, der Abstufung ihrer Wichtigkeit und Tragweite entspricht.

Bei einem solchen Vorgehen muß ich unbedingt der *ihren biologischen Sinn nicht erfüllenden Instinkthandlung* den ersten Platz einräumen. Sowohl die aus Mangel an innerer Reaktionsintensität unvollständig bleibende (S. 292) als auch die aus Mangel äußerer Bedingungen ihres Ablaufes biologisch sinnlos werdende (S. 298) Instinkthandlung sind bei gefangenen Tieren

ungemein häufig zu beobachten, und sie waren es, die mir schon sehr früh die grundlegende Überzeugung beibrachten, daß der biologische Sinn der Reaktion und der dem Tiere als Subjekt gegebene Zweck nichts miteinander zu tun haben und keinesfalls gleichgesetzt werden dürfen. Der Grenzfall der aus Mangel an äußeren Bedingungen sinnlosen Instinkthandlung, die objektlos ablaufende *Leerlaufreaktion*, beweist durch die wahrhaft photographische Gleichheit der ausgeführten Bewegungen mit denen des normalen, den biologischen Sinn der Handlung erfüllenden Ablaufes, daß die Bewegungskoordinationen der Instinkthandlung bis in kleinste Einzelheiten ererbtermaßen festgelegt sind. Die Leerlaufreaktion gestattet uns, am isoliert aufgezogenen, gefangenen Tier die Instinkthandlung sozusagen in Reinkultur zu studieren. Sie ist als eine unumstößliche Grundtatsache zu betrachten, durch die eine auch heute noch in Amerika Anhänger zählende Denkrichtung, die alles tierische und menschliche Verhalten aus bedingten Reflexen abzuleiten bestrebt ist, widerlegt wird. Die Gleichheit der Bewegungen bei Leerlaufreaktion und normalem, biologisch sinnvollem Ablaufe verbietet uns von vornherein, die Instinkthandlung als eine Form des zweckgerichteten Verhaltens aufzufassen: Es ist unrichtig, daß an einer Instinkthandlung je irgendwelche Veränderungen nachgewiesen wurden, die Bezug auf ein bestimmtes, vom Tier als Subjekt erfaßtes Ziel hatten.

Als zweite Grundtatsache möchte ich das (S. 307—310 besprochene) *Verhalten der Instinkthandlung im zoologischen System* in Erinnerung rufen, das uns zeigt, daß sich die instinktmäßige Bewegungskoordination in ihrer stammesgeschichtlichen Veränderlichkeit durchaus wie ein Organ verhält und wie ein solches vergleichend systematisch erfaßt werden kann und muß. Das Verhalten der Instinkthandlung im System zeigt uns eindringlich, wie sinnlos es ist, über „den Instinkt" Aussagen zu machen, und daß sich unsere Feststellungen stets nur auf die ererbten Bewegungsweisen, auf die Instinkt*handlungen* beziehen können, und zwar immer nur auf diejeningen einer bestimmten, größeren oder kleineren Einheit des zoologischen Systemes.

Beide Tatsachen, sowohl die Vollständigkeit der Bewegungen bei biologisch sinnlosen Abläufen, wie auch das organähnliche Verhalten der Instinkthandlungen im zoologischen System, müssen uns ihrem Wesen nach gegen alle Angaben über adaptive Veränderlichkeit der Instinkthandlung durch individuelle Erfahrung mißtrauisch machen. Wir dürfen es auf Grund unserer Untersuchungen über die Phylogenese (S. 308) und unserer Experimente über die Ontogenese (S. 291) der instinktmäßigen Bewegungsabläufe als überaus wahrscheinlich hinstellen, daß in allen Fällen, in denen über eine scheinbare adaptive Veränderung einer Instinkthandlung durch individuelle Erfahrung berichtet wurde, Verwechslungen mit *Reifungsvorgängen* vorliegen.

Eine weitere Organähnlichkeit in der ontogenetischen Entwicklung der Instinkthandlung, deren Bedeutung zu beurteilen ich gerne anderen überlassen möchte, haben wir in jenem eigentümlichen Erwerbungsvorgange vor uns, den wir als *Prägung* bezeichnet haben (S. 299). Durch seine Abhängigkeit von artgleichem lebendem Material, seine Gebundenheit an kurzdauernde Entwicklungszustände und vor allem durch seine Irreversibilität zeigt er unverkennbare Parallelen zu dem aus der Entwicklungsmechanik bekannten Vorgang einer induktiven Determination.

Schließlich muß ich noch der *Verschränkungen* instinktmäßiger und zweckgerichteter Verhaltungsweisen gedenken (S. 294). Die Tatsache, daß in einer funktionell einheitlichen Handlungsfolge instinktmäßig angeborene und zweckgerichtete, adaptiv veränderliche Einzelhandlungen in unvermittelter Weise aufeinanderfolgen können, ist in zwei Belangen von der größten Tragweite. Erstens hat uns die Durchführung einer genauen Analyse solcher Handlungsfolgen davor bewahrt, fließende Übergänge zwischen der Instinkthandlung und dem zweckgerichteten Verhalten anzunehmen und dadurch in den Fehler so vieler Autoren zu verfallen, einen allzu weiten, weil das Appetenzverhalten miteinbeziehenden Instinktbegriff zu bilden. Zweitens hat uns die Beobachtung der ontogenetischen Entstehung einer bestimmten Art von Verschränkungen, nämlich der Instinkt-Dressurverschränkungen, zum Nachweis der schon vor langer Zeit von WALLACE CRAIG festgestellten Tatsache geführt, daß das Ablaufenlassen der Instinkthandlung das Ziel und der dem Tier als Subjekt gegebene Zweck jeglichen zweckgerichteten Verhaltens ist (S. 295 und 328). Damit ist uns die einzige Möglichkeit in die Hand gegeben, die Instinkthandlung als den „angestrebten Reflexablauf" begrifflich von anderen, „rein" reflektorischen Vorgängen zu trennen (S. 329).

Es mag scheinen, daß diese verhältnismäßig wenigen wirklichen neuen Ergebnisse nicht zur Bildung einer von den meisten herrschenden Anschauungen so grundlegend abweichenden Meinung berechtigen. Ich sehe jedoch keine Gefahr darin, meine Ansichten in schärfster Weise zu formulieren, solange wir uns bewußt bleiben, daß sie zum Teil noch reine Arbeitshypothesen sind, die zu ändern neue Tatsachen uns jederzeit zwingen können.

Eines aber hoffe und glaube ich, in überzeugender Weise dargetan zu haben: Daß die Erforschung der Instinkthandlung kein Feld für großangelegte geisteswissenschaftliche Spekulationen ist, sondern ein Gebiet, auf dem, wenigstens vorläufig, die experimentelle Einzelforschung allein das Wort hat.

Literatur:

F. ALVERDES, Tiersoziologie. Leipzig 1925. — W. BECHTEREW, Reflexologie des Menschen. Leipzig u. Wien 1926. — A. BETHE, Anpassungsfähigkeit (Plastizität) des Nervensystems. Bethes Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie 15 II, 1045—1130,

Berlin 1931 — Plastizität und Zentrenlehre. Bethes Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie **15 II**, 1175—1222, Berlin 1931. — J. A. BIERENS DE HAAN, Der Stieglitz als Schöpfer. J. Ornith. **81**, H. 1 (1933) — Probleme des tierischen Instinktes. Naturwiss. **23**, H. 42/43 (1935). — C. BÜHLER, Das Problem des Instinktes. Z. Psychol. **103** (1927). — W. CRAIG, Appetites and aversions as constituents of instincts. Biol. Bull. **34** — A note on Darwin's work on the expression of emotions etc. J. abnorm. a. soc. Psychol. **1921** (Dezember); **1922** (März) — The voices of pigeons regarded as a means of social control. Amer. J. Sociology **14** (1908) — The expression of emotions in the pigeons. J. comp. Neur. a. Psychol. **19** (1909) — Obervations on young doves learning to drink. J. Animal Behaviour **2**, Nr 4 (Juli-August) (1912) — Male doves reared in isolation. J. Animal Behaviour **4**, Nr 2 (März-April) (1914). — L. CARMICHAEL, The development of behaviour in vertebrates experimentally removed from the influence of external stimulation. Psychol. Rev. **33** (1926); auch in **34** u. **35**. — F. DOFLEIN, Der Ameisenlöwe, eine biologische, tierpsychologische und reflexbiologische Untersuchung. Jena 1916. — H. FRIEDMANN, The instinctive emotional life of birds. Psychoanalytic Rev. **21**, Nr 3 u. 4 (1934). — K. GROOS, Die Spiele der Tiere. 2. Aufl. 1907. — H. HEDIGER, Zur Biologie und Psychologie der Zahmheit. Arch. f. Psychol. **93** (1935). — O. HEINROTH, Beiträge zur Biologie, namentlich Ethologie und Psychologie der Anatiden. Verh. d. V. Internat. Ornith. Kongr. Berlin 1910 — Reflektorische Bewegungen bei Vögeln. J. Ornith. **1918** — Über bestimmte Bewegungsweisen bei Wirbeltieren. Sitzgsber. Ges. naturforsch. Freunde Berlin **1930** (Februar). — O. HEINROTH u. M. HEINROTH, Die Vögel Mitteleuropas. Berlin-Lichterfelde 1924—1928. — F. H. HERRICK, Instinct. Western Res. University Bull. **22**, Nr 6 — Wild birds at home. New York a. London 1935. — E. HOWARD, Introduction to bird behaviour. Cambridge 1928 — The nature of a bird's world. Cambridge 1935. — H. S. JENNINGS, Behaviour of the lower organisms, 2nd ed. New York 1915. — D. KATZ, Hunger und Appetit. Leipzig 1931. — G. KRAMER, Bewegungsstudien an Vögeln des Berliner Zoologischen Gartens. J. Ornith. **78**, H. 3 (1930). — O. KOEHLER, Die Ganzheitsbetrachtung in der modernen Biologie. Verh. der Königsberger gelehrten Gesellschaft 1933. — H. LISSMANN, Die Umwelt des Kampffisches, Betta spendens Regan. Z. vergl. Physiol. **18**, H. 1. — K. LORENZ, Beobachtungen an Dohlen. J. Ornith. **75**, H. 4 (1927) — Beiträge zur Ethologie sozialer Corviden. J. Ornith. **79**, H. 1 (1931) — Betrachtungen über das Erkennen der arteigenen Triebhandlungen der Vögel. J. Ornith. **80**, H. 1 (1932) — Der Kumpan in der Umwelt des Vogels (der Artgenosse als auslösendes Moment sozialer Verhaltungsweisen). J. Ornith. **83**, H. 2/3 (1935). — W. MCDOUGALL, An outline of psychology. London 1923 — The use and abuse of instinct in social psychology. J. abnorm. a. soc. Psychol. **16**, Nr 5/6 (1922). — C. LLOYD MORGAN, Instinkt und Erfahrung. Deutsch von R. THESING. Berlin 1913. — E. R. RUSSEL, The behaviour of animals. London 1934. — E. C. TOLMAN, Purposive behaviour in animals and men. New York 1932. — J. v. UEXKÜLL, Umwelt und Innenwelt der Tiere. Berlin 1909. — J. VERWEY, Die Paarungsbiologie des Fischreihers. Zool. Jb. (Abt. f. allg. Zool.) **48** (1930). — C. O. WHITMAN, Animal behaviour. 16th Lecture from "Biological Lectures from the Marine Biological Laboratory". Woods Hole, Mass. 1898. — H. ZIEGLER, Der Begriff des Instinktes einst und jetzt. Jena 1920.

Kurze Originalmitteilung.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Zur Frage der behinderten Glimmentladung.

Das Verhalten einer Glimmentladung bei Behinderung führt zu gewissen Aussagen über ihren Mechanismus.

Wir haben in Anlehnung an die Untersuchungen von A. GÜNTHERSCHULZE [Z. Physik **61**, 1, 581 (1930)] eine Glimmentladung durch Annähern einer kreisscheibenförmigen Elektrode an die Kathode (s. Fig. 1) behindert.

Fig. 1. Versuchsanordnung.
H = Hilfselektrode;
K = Kathode;
Z = Zylinder (meist Anode).
Elektrodenmaterial: Messing.

Die Untersuchungen in sorgfältig gereinigtem Wasserstoff und Helium bestätigten im großen und ganzen nochmals die von A. GÜNTHERSCHULZE gefundenen Gesetzmäßigkeiten. Während bei größeren Abständen d_H der Hilfselektrode die Brennspannungen V_K (der Kathodenstrom I_K wird konstant gehalten) dieselben sind, gleichgültig ob die Hilfselektrode isoliert oder Anode ist, zeigen sich zu kleineren Abständen d_H insbesondere im Gebiet der wirklichen Behinderung prinzipielle Unterschiede im Verhalten der Entladung. Ist die Hilfselektrode isoliert, so sind die Brennspannungen niederer, als wenn die Hilfselektrode Anode ist. Zu noch kleinerem d_H springt die Entladung bei isolierter Hilfselektrode in andere Formen (Ring) um. Die Aufladung der isolierten Hilfselektrode, die sich zunächst annähernd auf Anodenpotential einstellte, folgt hier etwa dem Verlauf der Brennspannungen (s. Fig. 2).

Gibt man der Hilfselektrode negative Potentiale V_H gegen die Anode (Zylinder), so fließen schon bei kleinen Spannungen V_H, besonders bei He, bemerkenswert große (Ionen-) Ströme an die Hilfselektrode. Bei großen Abständen d_H

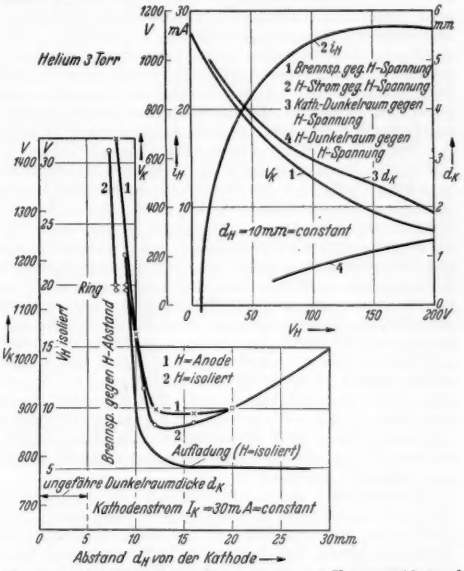

Fig. 2. Abhängigkeit der Brennspannung V_K vom Abstand (von der Kathode) und vom Potential der Hilfselektrode.

ist hierdurch zunächst keine Rückwirkung auf die Entladung zu beobachten. Im Gebiet der erhöhten Brennspannungen tritt jedoch bereits bei kleinem negativen V_H eine bedeutende Absenkung der Brennspannung ein (s. Fig. 2).

Zur Erklärung der beobachteten Gesetzmäßigkeiten wollen wir folgendes ausführen: Zumindest bei stark anomalem Kathodenfall liegt der Schwerpunkt der Trägerzeugung im Gegensatz zur derzeitigen Theorie (s. auch A. v. Engel u. M. Steenbeck, Elektr. Gasentladungen **2**, 79) nicht im Fallraum der Entladung, sondern im negativen Glimmlicht. Wie wir bereits an anderer Stelle mitgeteilt haben, ist dann bei den untersuchten Gasen die Wiedervereinigung im Glimmlicht groß [Heinz Fischer, Ann. Physik **27**, 81 (1936)]. Daher fließen aus dem Glimmlicht nach der Kathode in der Hauptsache nur Ionen, die in kathodennahen Gebieten des Glimmlichts erzeugt werden. Man kann deshalb aus den entfernteren Teilen des Glimmlichts durch großflächige Hilfselektroden (z. B. auch Netze) beträchtliche Ionenströme herausziehen, ohne daß Rückwirkungen auf die Entladung eintreten. Allerdings ist die von A. Günther-Schulze zuerst bei verschiedenen Gasen beobachtete Brennspannungsabsenkung bei Annäherung einer großflächigen ebenen Elektrode nicht ohne weiteres zu verstehen. Wie unsere Untersuchungen mit Hilfselektroden verschiedener Temperatur gezeigt haben, ist dieser Effekt bei kalter Hilfselektrode größer. Nähert man die Hilfselektrode der Kathode etwa bis zur doppelten Fallraumdicke, dann werden Teile des Glimmlichts abgeschnitten, wo in der unbehinderten Entladung Ionen gebildet werden, die den Glimmsaum noch erreichen und den Kathodenstrom tragen. Dieser Trägerverlust in der behinderten Entladung muß zu einem Anstieg der Brennspannung führen. Für bemerkenswert halten wir die Tatsache, daß bei behinderter Entladung kleine Brennspannungen V_H an der Hilfselektrode zu wesentlichen Brennspannungsabsenkungen führen. Wenn man berücksichtigt, daß bei isolierter oder negativ aufgeladener Hilfselektrode die langsamen Elektronen von ihr zurückgehalten werden und seitlich zum Anodenzylinder abfließen müssen, so könnte man diese Brennspannungserniedrigung verstehen, wenn man annimmt, daß vor der Hilfselektrode die differentiale Ionisierung (Anzahl der Ionisierungen pro Wegeinheit) der im Glimmlicht Träger bildenden schnellen „Primär"elektronen von der Konzentration bzw. der Bewegung der anwesenden *langsamen* Elektronen beeinflußt wird. Ein solcher Effekt ist nach den Untersuchungen von J. Langmuir [Z. Physik **46**, 271 (1928) u. a. a. O.] über das Verhalten von Elektronenstrahlen im Plasma von Gasentladungen nicht unwahrscheinlich. Wir haben durch Untersuchungen an Netzen, die in das Glimmlicht eingeführt wurden, weitere Argumente gesammelt, die für einen solchen Effekt sprechen. Hierüber soll an anderer Stelle berichtet werden.

Trotz sorgfältiger Gasreinigung zeigten sich bei der Wiederholung von Meßreihen oft bedeutende (bis 50 %) systematische Abweichungen der Brennspannungen. Diese Abweichungen konnten durch vorhergehende gleiche Strombelastung (Vorbehandlung) der Hilfselektrode beseitigt werden. Wir vermuten, daß dieser Effekt zum großen Teil eine Folge von in der behinderten Entladung auftretenden Veränderungen der Kathodenoberfläche ist. Auf eine demnächst erscheinende ausführliche Arbeit sei hingewiesen.

Darmstadt, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, den 15. April 1927.

Heinz Fischer.

Besprechungen.

CRANZ, C., **Lehrbuch der Ballistik. Ergänzungen** zum Bd. I, 5. Aufl. (1925), Bd. II (1926) und Bd. III, 2. Aufl. (1927). Unter Mitwirkung von O. v. Eberhard. Berlin: Julius Springer 1936. XII, 292 S. und 87 Abbild. 1 Schießtabellenanhang, 2 Diagramme. 16 cm × 24 cm. Preis geb. RM 36.—.

Die gewaltigen Fortschritte der letzten Zeit auf allen Gebieten der Technik haben die Wehrwissenschaft und die Wehrtechnik entscheidend beeinflußt, und ebenso haben die gesteigerten militärischen Forderungen die wissenschaftliche Forschung und Lehre im Bereich der gesamten Ballistik lebhaft angeregt und befruchtet. Daher ist das Erscheinen des jetzt vorliegenden Ergänzungsbandes zu dem grundlegenden, bei Julius Springer erschienenen, klassischen Lehrbuche der Ballistik von Carl Cranz sehr zu begrüßen, zumal das große, bisher dreibändige Werk des Meisters der gesamten Ballistik — umfassend die äußere, die innere und die experimentelle Ballistik — welches unter der Mitwirkung von O. v. Eberhard, K. Becker und O. Poppenberg die Erfahrungen des Weltkrieges und der Nachzeit bis zum Jahre 1927 in einem abgerundeten Bilde darbot, jetzt erst seine Vollendung und Krönung durch diesen der neuesten ballistischen Entwicklung gewidmeten Ergänzungsband erfährt. In 32 Kapiteln werden die früheren Darlegungen ergänzt, verbessert und wesentlich erweitert; 25 von ihnen hat Cranz selbst verfaßt oft unter Zusammenarbeit mit H. Schardin, 7 weitere Kapitel zur äußeren Ballistik entstammen der Feder v. Eberhards. Die 3 Hauptbände wurden von mir seiner Zeit ebenfalls in den Naturwissenschaften besprochen in den Jahrgängen **1926**, H. 34 und **1928**, H. 5 und 15.

Es erscheint mir nicht möglich, der ungeheuren Mannigfaltigkeit der neuen wissenschaftlichen Vorstellungen und Fortschritte auf allen Gebieten der Ballistik, wie sie sich in diesem Ergänzungsband dank dem beherrschenden Überblick des Verfassers offenbart, mit wenigen Zeilen gerecht zu werden: Die Besprechung kann hier nur schrittweise vor sich gehen unter Anpassung an die drei verschiedenartigen Gebiete der Hauptbände des großen Werkes, sofern die wichtigsten ballistischen Erkenntnisse des letzten Jahrzehnts eine angemessene Würdigung finden sollen.

I. Die Ergänzungen zu Band I, *Äußere Ballistik*, bringen zunächst die neuen Erfahrungen und Auffassungen über das Zustandekommen des Luftwiderstandes der Geschosse mit dem Ziel der Gewinnung eines auf den heutigen aero- und gasdynamischen Anschauungen aufgebauten theoretischen Ansatzes für den Luftwiderstand, insbesondere auch bei Überschallgeschwindigkeit der Geschosse. Die Bestrebungen, ein genügend allgemeines Luftwiderstandsgesetz theoretisch zu gewinnen, müßten sich — vornehmlich bei Überschallgeschwindigkeit der Geschosse — eines sehr verwickelten Mechanismus des Luftwiderstandes bedienen, der nach Cranz die folgenden maßgebenden, Energie verzehrenden Erscheinungen einbeziehen müßte: Aufstau der Luft an der Vorderseite und Entstehen der Kopfwelle, Mantelreibung unter Erzeugung der Grenzschicht und Wirbel, sowie Ablösung der Grenzschicht und Bildung des Sogs an der Geschoßrückseite, ferner Entstehen der Schwanzwelle, und außerdem wären noch zu berücksichtigen die Mantelunebenheiten — z. B. an den Führungsringen der Artilleriegeschosse oder an der Einschränkung im Mantel der Infanteriegeschosse — und schließlich der Einfluß der Geschoßrotation. Da das genannte Ziel bis jetzt aber noch nicht erreicht ist, muß bei der Aufstellung der Luftwiderstandstabellen nach der Auffassung von Cranz vorerst das bisherige Verfahren beibehalten werden, das die experimentelle Ermittlung zu Hilfe nimmt, wobei jedoch zugleich die neueren Erkenntnisse über den Einfluß der mit der Temperatur veränderlichen Schallgeschwindigkeit und die Ergebnisse von Modellversuchen weitgehend Berücksichtigung finden.

Sehr erfreulich ist zu hören, daß man auch in der Ballistik immer mehr die große Bedeutung von Modell-

versuchen und das Rechnen mit dimensionslosen Beiwerten zu würdigen weiß. Denn die Zahl und der Umfang der anzustellenden Versuche kann oft wesentlich eingeschränkt werden durch Heranziehung der sonst in der Technik so viel benutzten Modellwissenschaft und unter Beachtung ihrer nach NEWTON, FROUDE, REYNOLDS u. a. benannten Ähnlichkeitsgesetze, insbesondere auch der durch die jeweilige Schallgeschwindigkeit bedingten MACHschen Kennziffer. Ja, nach CRANZ wäre es vielleicht sogar möglich, unter bestimmten Umständen kostspielige Versuche mit Artilleriegeschossen, die einen größeren freien Schießplatz erfordern, durch Versuche mit ähnlich geformten, viel kleineren Modellgeschossen zu ersetzen.

Auf diese grundlegenden Betrachtungen folgen dann Beiträge über die Verwendung der zum Luftwiderstand gehörigen Beiwertfunktion und über den für ein neues Geschoß zu benutzenden Formkoeffizienten, sowie ein Abriß über die von POPOFF 1925 angegebene theoretische Lösung des außenballistischen Hauptproblems, bei der die Verwendung eines schiefwinkligen Koordinatensystems und eine rasch konvergierende Reihenentwicklung zur Ermittlung der Geschoßflugbahn führen.

In den von v. EBERHARD stammenden Kapiteln V bis XI werden der Reihe nach behandelt: die Ableitung der „neuen Formel für den Luftwiderstand" in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und damit von der zu ihr gehörigen Schallgeschwindigkeit nach DARRIEUS, nach LANGEVIN und nach VAHLEN, wobei es für die neue Formel wesentlich ist, daß diese Abhängigkeit in einem dimensionslosen Beiwert Ausdruck findet, der als eine Funktion von der MACHschen Kennziffer v/a zu bestimmen ist. Bei vielen Fragen ist diese Kennziffer — gegeben durch das Verhältnis Fluggeschwindigkeit zu Schallgeschwindigkeit —, die die Zusammendrückbarkeit der Luft kennzeichnet, von bedeutendem Einfluß auf die Art des Vorganges, weil alle Druckänderungen mit der jeweiligen Schallgeschwindigkeit fortgepflanzt werden. Es folgt dann die Benutzung der Fasella-Tabellen zur stufenweisen Flugbahnberechnung eben auf Grund des neuen, durch Einführung der MACHschen Kennziffer verbesserten Luftwiderstandsgesetzes nebst Durchrechnung eines Zahlenbeispiels zur Fasella-Rechnung, ferner Tabellen für vertikalen Schuß sowie für Steil- und Fernbahnen unter Berücksichtigung der Abnahme der Luftdichte mit der Höhe nach der Formel EVERLINGS sowie Verfahren zur Ermittlung der Flugbahnen in der Stratosphäre, alles aufgebaut auf dem neuen Luftwiderstandsgesetz. Weiter behandelt v. EBERHARD dann eine auf einfachen Ähnlichkeitsbeziehungen beruhende, von LANGEVIN vorgeschlagene Transformation der Flugbahn und gibt hierzu eine von ihm selbst aufgefundene Anwendung, die ihn zu einer bedeutungsvollen Verbesserung der Tabellen von EULER und OTTO führen. Hieran schließt sich eine kritische Erörterung zu dem Gebrauch der in Deutschland sehr bekannten STÜBLERschen Differenzenformeln und eine Betrachtung über die Relativbahn eines Geschosses bezüglich eines mit dem bewegten Geschützlauf verbundenen Fernrohr nebst einer zugehörigen Anwendung auf treffsicheres Schießen vom Flugzeug aus auf einen anderen Flieger.

In den Kapiteln XII und XIII gibt CRANZ in Erfüllung von Wünschen, die aus dem Leserkreis des Lehrbuches der Ballistik geäußert waren, in anschaulicher Form eine lehrreiche Ableitung der beiden Geschoßabweichungen durch seitlichen Wind und infolge Erddrehung und schließt die Ergänzungen zu Band I mit der Zurückweisung des mitunter gemachten Vorwurfs, daß die Ballistik eine Anzahl veralteter Rechnungsverfahren mitschleppe, die aus der neueren hochentwickelten Ballistikwissenschaft ausgeschaltet werden müßten. Dieser Vorwurf ist aber unbegründet; da in dem einen Teil der Fälle die gestellte Aufgabe in kürzester Zeit auf dem Schießplatz beantwortet werden soll und unter diesem Zwang oft eine mäßige Genauigkeit durchaus angebracht ist; in anderen Fällen ist dagegen größtmögliche Genauigkeit erforderlich wie z. B. beim Fernschießen 1918 nach Paris unter einem Erhöhungswinkel von etwa 55°, wobei die Granaten bis in eine Höhe von fast 40 km gelangten, oder auch beim Flachbahnschuß der Schiffsartillerie. Man hat hierbei wohl zu unterscheiden zwischen dem mathematischen Fehler, dessen Größenordnung leicht bestimmbar ist, und dem physikalischen Fehler, der auf der Unvollkommenheit des benutzten Luftwiderstandsgesetzes und der Ungenauigkeit unserer Kenntnis von den jeweils gerade vorliegenden physikalischen Zuständen der Luft beruht. Beide Fehler zusammen kann man nur durch Vergleich der Rechnungsergebnisse mit den entsprechenden Zahlen einer wirklich erschossenen und etwa photogrammetrisch gemessenen Flugbahn gewinnen. Ein von CRANZ durchgeführter Vergleich von verschiedenen Lösungsverfahren zeigt, wie berechtigt es ist, die dem Überschlag dienenden, dafür aber schnellen Verfahren und die genauen, oft Wochen in Anspruch nehmenden Lösungsmethoden nebeneinander beizubehalten und je nach der Lage des Falles entweder den Naturablauf im großen oder im Modell zu Hilfe zu nehmen oder aber numerische, graphische oder tabellarische Verfahren anzuwenden oder im Bedarfsfalle auch beide Methoden zur Lösung heranzuziehen.

II. Als Ergänzung zu dem 1926 erschienenen Band II, *Innere Ballistik*, bringt CRANZ mehrere Beiträge zu einer wesentlichen Verbesserung der Lösung der innerballistischen Hauptaufgabe, welche lautet: Es ist für eine zu entwerfende oder gegebene Waffe bei gegebenem Geschoß und bestimmter Pulverladung aus deren chemischen und physikalischen Eigenschaften im voraus zu berechnen: Der gesamte Verlauf der Geschoßgeschwindigkeit im Rohr und des dabei auftretenden Gasdruckes hinter dem Geschoß sowie der Verlauf des Einpreßwiderstandes des Geschosses in die Züge und des Gesamtwiderstandes des Geschosses bei dessen Durchgang durch das Rohr sowie weiter der zeitliche Ablauf der Verbrennung der Pulverladung. Zur Förderung der Lösung dieser Aufgaben behandelt der Verfasser in einer kurzen Untersuchung zunächst die Theorie der Luftwellen von endlicher Amplitude bei adiabatischer Zustandsänderung und gewinnt hierbei analytische Ausdrücke für den Verlauf der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Druckstörungswelle, die zum Ziele führen, wenn beim Schuß aus einer Waffe der Verlauf der Geschoßgeschwindigkeit im Rohr bekannt ist. Es läßt sich dann berechnen, wie die vom Geschoß ausgehende Druckwelle sich nach und nach umwandelt: sie wird allmählich nach vorn zu immer steiler, wobei Wellenstellen höheren Drucks sich schneller fortpflanzen als die niederen Drucks, bis sich an der Vorderseite ein ebener Verdichtungsstoß ausbildet. — Im Zusammenhang mit diesen analytischen Untersuchungen errechnet SCHARDIN aus der jeweiligen Schallgeschwindigkeit der Pulvergase bei der zugehörigen Verbrennungstemperatur der betreffenden Pulversorte einen Grenzwert für die größtmögliche Geschwindigkeit, die die Pulvergase und damit auch das Geschoß unter idealsten Verhältnissen überhaupt annehmen können: Er findet für eine Pulversorte mit der Schallgeschwindigkeit $a_0 = 1000$ m/sec die größtmögliche Geschoßgeschwindigkeit zu 8000 m/sec, während H. LORENZ aus ganz

anderen Überlegungen heraus für Dynamit etwas über 6000 m/sec errechnet hat. CRANZ bemerkt zu diesen Werten, die wenigstens von ähnlicher Größenordnung sind: „Man erkennt aus diesen Betrachtungen, daß für technische Fortschritte auf dem Gebiet der Vergrößerung der Geschoßgeschwindigkeit noch ein weites Feld liegt." Es folgen dann thermodynamische Betrachtungen über den Gegensatz zwischen Verbrennung und Detonation und Grundzüge einer von R. BECKER aufgestellten Theorie über den plötzlichen Umschlag von einer Verbrennung zu einer Detonation nebst einer kurzen anschaulichen Erklärung der auffallenden Konstanz der Detonationsgeschwindigkeit. Ein besonderes Kapitel ist gewidmet der Darlegung des neuen, auf dynamischen Ansätzen aufgebauten Experimentalverfahrens zur Ermittlung des Geschoßwiderstandes im Rohr, insbesondere des Einpreßwiderstandes, welches 1933 von CRANZ und SCHARDIN ausgearbeitet und erprobt und dann 1935 von KUTTERER durch unmittelbare Aufzeichnung der Widerstandszeitkurve unter Benutzung des piezoelektrischen Quarzes wesentlich vervollkommnet wurde. Die zur inneren Ballistik gehörenden Beiträge finden ihren Abschluß in einer kritischen Erörterung zur Lösung des innerballistischen Hauptproblems, dessen Schwierigkeiten weniger auf mathematischer Seite als vielmehr in der Auffindung einiger wichtiger Faktoren liegen, die in dem Gleichungssystem — NEWTONS dynamische Grundgleichung, Energiegleichung, CHARBONNIERS Verbrennungsgleichung — zunächst als Unbekannte vorkommen. CRANZ macht hierzu einen alles zusammenfassenden Vorschlag, wie diese Größen für eine bestimmte neue Waffe und ein bestimmtes Pulver nach dem heutigen Stand der innerballistischen Wissenschaft erhalten werden können, und entwickelt zugleich ein rein theoretisches Verfahren, welches gestattet, das innerballistische Hauptproblem mathematisch so genau zu lösen, wie man will.

III. Der letzte Teil der mannigfaltigen Ergänzungen des großen dreibändigen Werkes von C. CRANZ ist den Neuerungen in der *Experimentellen Ballistik* gewidmet. Nach einer kurzen theoretischen Behandlung der Druckmeßgeräte — mit dem Ziel, die Güte der Aufzeichnungen zu verbessern — wird die Wirkungsweise des piezoelektrischen Gasdruckmessers von Zeiss-Ikon erläutert und daran anschließend die von ZANSSEN mit diesem Gerät durchgeführten Messungen mit den Ergebnissen der Stauchungsmessung verglichen. Doch muß die Frage, welches Verfahren die richtigeren Werte liefert, noch offen bleiben. Es folgen Geräte zur Messung der Pulvergasdrücke von GLAMANN und TRIEBNIGG und eine besondere, von RUMPFF entwickelte Ausführungsform für ballistische Zwecke, die auf dem elektrischen Widerstand aufeinanderliegender Kohleplättchen in Abhängigkeit vom Anpreßdruck beruhen. Vielleicht wird für ballistische Zwecke auch ein von JANOVSKY entwickelter Gasdruckmesser brauchbar, der die Verformung der Magnetisierungsschleife infolge mechanischer Druckwirkung auf ferromagnetische Stoffe benutzt. — Die nächsten Kapitel bringen: Ersatz der alten Kontaktstimmgabel durch die eine bestimmte Frequenz viel besser einhaltende Röhrenstimmgabel und weiter für hohe Frequenzen den Piezo-Quarz; beide Geräte dienen zum Aufschreiben von Zeitmarken auf Film oder Trommel zwecks Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufs eines Vorganges. Weiter folgt für die Registrierung von schnell veränderlichen Vorgängen der Kathodenoszillograph in der einfachsten Form der BRAUNschen Röhre oder als besonderes Hochleistungsgerät für sehr große Schreibgeschwindigkeiten; dann der von CRANZ, KUTTERER und SCHARDIN 1932 entwickelte neue Geschoßgeschwindigkeitsmesser, der auf dem sog. elektrooptischen Kerr-Effekt beruht, das ist die Hervorrufung von Doppelbrechung mit Gangunterschied durch ein elektrisches Feld. Weiter werden gewürdigt die Photozelle, die in der Ballistik zur Messung von Zeit und Geschwindigkeit Eingang gefunden hat, ferner ein neuer Funkenchronograph von H. SCHARDIN und K. SCHMIDT für sehr genaue Messungen äußerst kurzer Zeiten, sowie die Elektronenröhre, ebenfalls zur Kurzzeitmessung, und weiter Zeitdehner, geeignet zur Messung von Geschoßgeschwindigkeiten. Hieran schließen sich Bemerkungen über das Schlierenverfahren, wobei eine neuere SCHARDINsche Arbeit über den MACH-ZEHNDERschen Interferenzrefraktor und die quantitative Auswertung photographischer Schlierenaufnahmen nach SCHMIDT und SCHARDIN erörtert wird. Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit der Erzeugung der für ballistische Zwecke benutzten Funken und den verschiedenen Verfahren zur Auslösung der in der elektrischen Momentphotographie benutzten Beleuchtungsfunken, und im Schlußkapitel gibt CRANZ einen ausgezeichneten Abriß über die Grundlagen der Kinematographie im allgemeinen und über die von ihm zusammen mit SCHARDIN 1929 entwickelte besondere Methode der Funken-Kinematographie, auch „Millionenbilder-Kinematographie" genannt, die dazu dient, ohne jede Bewegung eines Apparateteils, von den rasch vor sich gehenden Änderungen eines Gegenstandes eine Reihe von Bildern auf ruhenden photographischen Platten in gewöhnlicher Größe mit extrem hoher Bilderfrequenz bis zu 3 Millionen Hertz und noch mehr zu erzeugen. Die Originalarbeit unter Mitteilung der im Institut für technische Physik an der Technischen Hochschule Berlin durchgeführten Versuche ist veröffentlicht in der Z. Physik **1929**, H. 3 und 4.

Überall ist der Verfasser — immer unter Angabe des Schrifttums — bemüht, die Darstellung leicht verständlich zu machen, wozu die im Kapitel XXX niedergelegte äußerst lehrreiche Sammlung von 43 vermischten ballistischen Aufgaben nebst Lösungen in hohem Maße dient. Den Schluß bilden Ergänzungen zu der früher in Band I von 1925 gegebenen Formelsammlung und Tabellen zur Berechnung von Steil- und Fernbahnen nach dem Verfahren von v. EBERHARD.

Ich möchte auch diesmal ähnlich wie früher aussprechen: Der Ballistiker, der Artillerist, der Physiker oder Mathematiker, der Ingenieur und jeder Lehrer der exakten Naturwissenschaften wird dieses große klassische Werk des Meisters der Ballistik, insbesondere diesen neuesten Band — mit seinen wertvollen bis in die jüngste Gegenwart reichenden Ergänzungen und in der vorzüglichen Ausstattung von Julius Springer — mit reichem innerem Gewinn und lebhafter Anregung studieren und dem Verfasser und seinen Mitarbeitern für die Veröffentlichung ihrer reichen Erfahrungen und Erkenntnisse Dank abstatten. M. WEBER, Berlin.

RUDOLPH, H., **Der Einfluß der Sonne auf den elektrischen und magnetischen Zustand der Erde.** Leipzig: O. Hillmann 1936. 61 S. 15 cm × 23 cm. Preis kart. RM 1.80.

Unter weitgehender Berücksichtigung der während des internationalen Polarjahres 1932/33 erzielten Beobachtungsergebnisse werden die derzeitigen Theorien über alle elektrischen und magnetischen Vorgänge auf der Erde zusammengestellt und kritisch betrachtet. Es werden besonders die Polarlichter, die tägliche erdmagnetische Variation, die HESSsche Höhenstrahlung und die luftelektrischen Erscheinungen behandelt und ihre Ursachen angegeben. Ein umfangreiches Literaturverzeichnis vervollständigt die auf engem Raum recht inhaltsreiche Schrift. R. BOCK, Berlin.

FISCHER, JOHANNES, **Einführung in die klassische Elektrodynamik.** Berlin: Julius Springer 1936. VIII, 199 S. und 120 Abbild. 16 × 25 cm. Preis geh. RM 12.—, geb. RM 13.80.

Die vorliegende Schrift bildet eine *„Einführung"* in die klassische Elektrodynamik, *kein „Lehrbuch"*, wie der Verfasser ausdrücklich hervorhebt. Er will damit sagen, daß weniger systematische als didaktische Gesichtspunkte für ihn maßgebend waren. Sie haben ihn z. B. bewogen, Elektrostatik und Magnetostatik an den Anfang zu stellen, d. h. insbesondere die magnetischen Vektoren an die Felder permanenter Magnete anzuschließen statt an die magnetischen Felder elektrischer Ströme. Letzteres wäre vom Standpunkt des Systematikers vorzuziehen, aber man kann das Verfahren des Verfassers nur durchaus billigen, das den Lernenden die elektrischen und magnetischen Felder zunächst *ohne* gegenseitige Verknüpfung kennen lehrt. Auch in der Darstellung kommt der Charakter einer Einführung bewußt zum Ausdruck, indem sie einerseits auf eine den Anfänger blendende „Eleganz" der Rechnung Verzicht leistet, andererseits auch nicht durch zu große Weitläufigkeit den Lernenden ablenkt. Man darf sagen, daß der Verfasser sein Schiff zwischen dieser Scylla und jener Charybdis geschickt durchgesteuert hat.

Nachdem im 1. Kapitel, wie schon erwähnt, Elektrostatik und Magnetostatik entwickelt sind, liefert das 2. Kapitel eine Darstellung elektrischer und magnetischer Felder in ihrer Verkettung, d. h. eine genaue Erörterung der beiden MAXWELLschen Hauptgleichungen für ruhende und bewegte Körper. Je ein Unterabschnitt beschäftigt sich mit quasistationären und Ausbreitungsvorgängen. Ein kurzes Schlußkapitel enthält u. a. Erörterungen über die Maßsysteme und einfache Formeln der Vektorrechnung.

Wenn man selbst jahrelang Elektrodynamik gelesen hat, so hat man sich natürlich eine bestimmte Auffassung über die zweckmäßigste Art, sie vorzutragen, zurecht gelegt. Wie schon zum Teil oben hervorgehoben, war es mir eine besondere Freude, eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den didaktischen Grundsätzen des Verfassers und meinen eigenen feststellen zu können, was natürlich nicht ausschließt, daß man in einzelnem anderer Meinung ist oder noch Wünsche hat. So z. B. ist es mir gleich im Anfang aufgefallen, daß eine Definition der elektrischen Ladung fehlt, daß die der Feldlinien etwas salopp ausgefallen ist. Nicht ganz geschickt schienen mir auch die Ausführungen über elektrische Leistung auf S. 49 zu sein. Die Behauptung S. 51, daß positive Ladungen nur als Ionen, d. h. mit gewöhnlicher Materie behaftet, auftreten, war 1936 durch die Tatsachen bereits überholt. In der wichtigen Formel (4) auf S. 54 für die chemisch-thermische Leistungsdichte ist leider ein sinnstörender Druckfehler stehengeblieben. Die Ausführungen auf S. 66 über die AMPÈREschen Molekularströme und die Stellungnahme der Elektronentheorie dazu können leicht einen falschen Eindruck erwecken. Man bemerkt, daß dies alles Kleinigkeiten sind, die in einer neuen Auflage mit Leichtigkeit abgeändert werden können. Für diese 2. Auflage hätte ich noch einen weiteren Wunsch an den Verfasser: Statt zu sagen: „a ist gleich b" sagt er: „a gleicht b". Den Nutzen dieser „Sprachschöpfung" sehe ich nicht ein — es wird *eine* Silbe erspart! —, wohl aber sehe ich den Nachteil derselben, da das Wort „gleichen" im Sprachgebrauch einen anderen festen Sinn hat.

Im ganzen haben wir es mit einem sorgfältig gearbeiteten Werke zu tun, das man den Studierenden — und nicht nur der Elektrotechnik, sondern auch der reinen Physik — unbedenklich empfehlen kann.

CLEMENS SCHAEFER, Breslau.

BAUR-FISCHER-LENZ, **Menschliche Erblehre und Rassenhygiene.** Band I: Menschliche Erblehre. 4., neubearbeitete Aufl. München: J. F. Lehmann 1936. 800 S., mit einem Bildnis ERWIN BAURS, 209 Abbild. u. 13 Tafeln mit 78 Rassenbildern. Preis geh. RM 15.—, geb. RM 17.—.

Die Herausgeber FISCHER und LENZ bezeichnen die langersehnte 4. Auflage des 1. Bandes ihres bestens bewährten Lehrbuches mit Recht als ein neues Buch. Diese Bezeichnung rechtfertigt sich nicht nur aus der Fülle des neu hinzugekommenen Wissensstoffes, sondern wesentlich auch aus der Art, in welcher dieser neue Stoff in den bereits in den früheren Auflagen vorliegenden hineingearbeitet ist, wobei der letztere eine erneute starke Durcharbeitung erfahren hat. Wenn sich dabei auch nicht Grundsätzliches geändert hat, so hat doch gelegentlich — das gilt namentlich für den von E. FISCHER behandelten 2. Hauptabschnitt — der Schwerpunkt eine gewisse Verschiebung erfahren. Wenig verändert ist seiner Natur gemäß der noch von E. BAUR selbst bearbeitete „Abriß der allgemeinen Variations- und Erblichkeitslehre", deren Grundzüge ja seit längerem im wesentlichen feststehen. Immerhin darf der kritische Leser, wenn er das eine oder andere zu beanstanden hat, nicht vergessen, daß zwischen der Abfassung und Drucklegung mehrere Jahre liegen und der Verf. vor letzterer sicherlich noch einige Änderungen vorgenommen hätte.

Den absolut und relativ größten Zuwachs hat der erwähnte, von FISCHER verfaßte 2. Hauptabschnitt erfahren. Er spiegelt einmal die Wandlung wieder, die sich unter FISCHERS Führung in der neuzeitlichen Anthropologie vollzogen hat: durch genetische Unterbauung ist aus einer beschreibenden anatomischen eine biologische Wissenschaft geworden. Er gibt ferner ein eindrucksvolles Bild von dem starken Anwachsen der Erkenntnisse auf dem Gebiet der menschlichen Erblehre, ein Anwachsen, um das sich der Verf. selbst und seine Mitarbeiter hervorragend verdient gemacht haben. So trägt er jetzt mit Recht die Überschrift „Die gesunden Erbanlagen des Menschen" an Stelle der früheren „Die Rassenunterschiede des Menschen". Der „Einleitung" ist ein kurzes Kapitel über „Menschliche Zwillingsbildung" und „Die Entstehung der Mehrlingsschwangerschaft" angefügt. Der HERBST-CURTIUS-v. VERSCHUERschen Hypothese von der Befruchtung eines Richtungskörperchens als gelegentliche Ursache der Zwillingsbildung steht FISCHER heute anscheinend etwas skeptischer gegenüber als in seinem „Versuch einer Genanalyse des Menschen" (1930). Dem umfangreichen Unterabschnitt „Die einzelnen Erbanlagen", der hier nicht eingehend besprochen werden kann, ist ein bemerkenswertes neues Kapitel „Die allgemeinen Erbanlagen" vorangestellt. An der Hand der Erbpathologie kommt Verf. zu dem Schluß, „daß alle morphologischen und physiologischen Erscheinungen von einzelnen mendelnden Erbeinheiten abhängen". Ref. glaubt, daß dieser Satz nicht allzu wörtlich zu nehmen ist. Verf. will damit und mit den angeführten Beispielen vermutlich mehr auf die hohe Bedeutung der Vererbung für alle Gestaltungen und Funktionen des Menschen hinweisen, als eine absolute Spezifität einer Überfülle von Genen behaupten. Beachtenswert ist der Hinweis auf die Bedeutung der neueren genetischen Erkenntnisse für die Stammesgeschichte, wie denn überhaupt das Bemühen, die Genetik für andere Zweige der Biologie fruchtbar zu machen, der FISCHERschen Darstellung einen besonderen Reiz verleiht. Ausdrückliche Erwähnung verdient hier die von FISCHERS Mitarbeiter K. KÜHNE mustergültig durchgeführte Untersuchung über die Vererbung der Variationen der mensch-

lichen Wirbelsäule, die durch die, gleichfalls aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Anthropologie stammende, Arbeit von MARIA FREDE über die Wirbelsäule und den Extremitätenplexus der Ratte eine bedeutungsvolle Ergänzung erfahren hat. Zeigten die Untersuchungen doch auf, daß (was pathologisch-genetisch von weittragender Bedeutung ist) ein einziges Erbfaktorenpaar die harmonische Ausbildung von Wirbelsäule, Rippen, Muskeln, Nervengeflecht und Pleuragrenze der hinteren Rumpfwand regelt, und werfen sie doch Licht auf die stammesgeschichtliche Umwandlung der Wirbelsäule.

An Stelle der sich heute (weil weitgehend bekannt) erübrigenden „Rassenbeschreibung" ist ein sehr dankenswerter, in sich geschlossener 3. Unterabschnitt „Die Erbanlagen der Rassen" getreten. Hier finden der Rassenbegriff, die Rassenentstehung, die Verteilung der rassenmäßigen Erbanlagen sowie die allgemeinen Lebenserscheinungen der Rassen (Umfang und Verbreitung der Rassenkreuzung, Biologie der Bastardbevölkerung, Biologisches Endergebnis von Rassenkreuzung) eine eingehende, selbstverständlich zum Teil noch stark hypothetische, aber durchaus wissenschaftliche und ungemein anregende Erörterung. Durch seine bekannten Untersuchungen der Rehobother Bastarde ist Verf. wie kein anderer seiner Fachgenossen berufen, zu der Frage der Rassenkreuzung Stellung zu nehmen. Die Menschwerdung durch Mutation innerhalb einer der 3 Großaffenarten ist nach FISCHER eine einmalige gewesen, d. h. nur in einem bestimmten geographischen Gebiet erfolgt, die späteren, zur Rassenbildung führenden Mutationen haben dagegen mehr oder minder gleichzeitig in ähnlicher Richtung innerhalb der vom Verf. aufgestellten großen Rassenzweige (australider, europider, negrider und mongolider) stattgefunden. Natürliche Auslese einerseits und konservierende Domestikation andererseits haben dann zu den erblich verankerten Rassenunterschieden geführt. Die Darstellung des ganzen Abschnittes ist meisterhaft. Die ihm angefügten Rassenbilder sind noch vermehrt, namentlich durch ausgezeichnete Mischlingsaufnahmen.

Der Aufbau des 3., von F. LENZ bearbeiteten Hauptabschnittes „Die krankhaften Erbanlagen" ist nicht verändert. Auch die im 1. Kapitel gegebenen Begriffsdefinitionen von Krankheit, Gesundheit und Norm decken sich vollständig mit den aus den früheren Auflagen her bekannten. Krankheit und Gesundheit sind nicht auf die Erhaltung des Individuums, sondern auf diejenige der Rasse zu beziehen. Krankheit ist der Zustand eines Organismus an den Grenzen seiner Anpassungsfähigkeit. Es gibt innerhalb eines Volkes nicht nur einen Normaltypus, sondern es können mehrere, recht verschiedene erhaltungsgemäß sein. Es ist bewundernswert, welche Wissensfülle der Verf. auf verhältnismäßig engem Raum vor dem Leser ausbreitet, ohne ihn zu ermüden. Man darf im allgemeinen sagen, daß alle bis zur Drucklegung erschienenen einschlägigen Veröffentlichungen Berücksichtigung gefunden haben. An diesem Urteil ändert sich nichts dadurch, daß man gelegentlich die Anführung einer Arbeit vermißt, die zur Klärung einer in Rede stehenden Frage nicht unwesentlich beigetragen hat, z. B. die Arbeiten von JUST über multiple Allelie bei Farbenblindheit. Sehr anregend wirkt LENZ durch die Art seiner Behandlung noch ungelöster Probleme, durch die er den fachlich gebildeten Leser zum Nachdenken — wenn auch gelegentlich zum Widerspruch — zwingt, ohne den Nichtfachmann der Gefahr einer Verwechselung von Hypothetischem mit Tatsächlichem auszusetzen. Wenn er sich temperamentvoll gegen den Ausdruck „Heredodegeneration" wendet, so ist das insofern verdienstlich, als vereinzelte Autoren mit diesem Begriff die Vorstellung zu verbinden scheinen, daß es eine auf einem einzigen Anlagepaar beruhende allgemeine Degeneration gibt, die sich bald in diesem, bald in jenem Krankheitsbild äußert. Es erscheint aber durchaus vorstellbar, daß eine Mutation, z. B. chemischer Natur, gelegentlich ein ganzes System beeinflussen kann, sich aber an den verschiedenen Teilen desselben in verschiedener Form und verschiedenem Grade auswirkt. Dem von JUST geprägten Begriff der Umweltlabilität bzw. -stabilität möchte LENZ denjenigen einer Entwicklungslabilität bzw. -stabilität „gegenüberstellen", und darunter die Empfänglichkeit bzw. Festigkeit der Erbanlagen gegenüber den Einflüssen der intrauterinen Umwelt verstehen. Die JUSTschen und LENZschen Begriffe sind aber nicht koordiniert. Der LENZsche ist ein Teilbegriff des JUSTschen. Man kann nur zwischen einer vorgeburtlichen und nachgeburtlichen Umweltlabilität bzw. -stabilität unterscheiden. Immerhin ist der Zeitpunkt des Einwirkens von Umwelteinflüssen für die Gestaltung des Individuums von großer Bedeutung. In diesem Sinne ist der LENZsche Ausdruck von Wert. Er ist handlich. Allermindestens eine gewisse Handlichkeit kommt aber auch den von LENZ bekämpften TIMOFÉEFFschen Ausdrücken „Penetranz, Expressivität und Spezifizität" schon im Hinblick auf den internationalen wissenschaftlichen Austausch zu. Wenig Beifall, namentlich bei den Entwicklungsphysiologen, dürfte die Auffassung der normalen Unterschiede der verschiedenen Gewebe als Dauermodifikationen, also als rein umweltbedingt, finden, zumal Verf. sie auf gleiche Stufe mit den erworbenen Schwächezuständen der befruchteten oder unbefruchteten Eizelle oder späteren embryonalen Zellen stellt. Eine starke Durcharbeitung hat im Zusammenhang mit dem enormen Anwachsen der experimentellen Literatur der 3. Unterabschnitt „Die Neuentstehung krankhafter Erbanlagen" erfahren. Das Vorkommen von Erbschädigungen durch Alkohol wird für nicht unwahrscheinlich gehalten.

Der 4., von LENZ bearbeitete Hauptabschnitt „Die Methoden menschlicher Erbforschung" handelt von den Analogieschlüssen aus experimentellen Befunden, von den genealogisch-statistischen Methoden, von der Korrelationsrechnung und von der Zwillingsmethode. Letzterer ist ihrer großen Bedeutung entsprechend ein sehr viel größerer Raum als in der 3. Auflage eingeräumt; es sind aber auch die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit betont.

Der 5. gleichfalls von LENZ verfaßte Hauptabschnitt trägt jetzt die Überschrift „Die Erblichkeit der geistigen Eigenschaften". Er zerfällt in die Unterabschnitte „Die erbliche Grundlage der geistigen Persönlichkeit" und „Die geistigen Rassenunterschiede". Er dürfte weit hinaus über die Biologen- und Ärztekreise Interesse finden.

Alles in allem darf man sagen: Der Baur-Fischer-Lenz ist ein in seiner Art einzig dastehendes Werk, das, auch wenn es hier und da zum Widerspruch reizt, gleicherweise den Ansprüchen des Studierenden und Forschers verschiedenster Disziplinen, des ärztlichen, pädagogischen und juristischen Praktikers sowie des gebildeten Laien gerecht wird.

AGNES BLUHM, Berlin-Dahlem.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

Soeben erschien:

Die Fernrohre und Entfernungsmesser

Von

Dr. **Albert König**

Beamter des Zeiss-Werkes

Zweite Auflage

Mit 360 Abbildungen und 13 Bildnissen. V, 242 Seiten. 1937

RM 22.50; gebunden RM 24.—

Inhaltsverzeichnis:

A. Die Fernrohre. Die Lehre von der Abbildung. — Die Gesetze der idealen Abbildung. — Spiegel und Prismen. — Die Abbildung von körperlichen Gegenständen. — Die Lichtstärke des Fernrohres. — Die Bildfehler. — Das Sehen. — Das Auge. — Die Sehschärfe. — Das räumliche Sehen. — Der Bau des Fernrohres. — Das holländische Fernrohr. — Das astronomische Fernrohr. — Die Spiegelfernrohre. — Die Montierungen. — Das Erdfernrohr. — Die Fernrohre mit Vergrößerungswechsel. — Die Prismenfernrohre. — Die Periskope. — Die Doppelfernrohre. — Die Prüfung der Fernrohre. — Die Richtfernrohre. — Die Wirkungsweise der Richtfernrohre. — Die Gewehrzielfernrohre. — Die Geschützzielfernrohre. — Die Prüfung der Parallelität von Visierlinie und Geschütz-Seelenachse. — **B. Die Mikrometer.** — Die Fadenmikrometer. — Die optischen Mikrometer. — Die Doppelbildmikrometer. — Der Strahlengang sowie die Abbildungs- und Auffassungsfehler bei Messungen. — **C. Die Entfernungsmesser.** — Einteilung und Genauigkeitsgrundlagen. — Die Zielwinkelentfernungsmesser. — Militärische Entfernungsmesser. — Geodätische Entfernungsmesser. — Die Zweistandentfernungsmesser. — Die Einstandentfernungsmesser. — Die Fadenentfernungsmesser. — Die Halbbilderentfernungsmesser. — Die Raumbildentfernungsmesser. — Die Justiereinrichtungen der Einstandentfernungsmesser. — Die Justierverfahren mit einfacher Messung. — Die Justierverfahren mit Doppelmessung. — Die Höhenmesser. — Die Hochstandentfernungsmesser. — **D. Zur Geschichte des Fernrohres von Lipperhey bis Porro.** — Namenverzeichnis. — Sachverzeichnis.

Das Fernrohr dient neben der Beobachtung entfernter Gegenstände besonders der feineren Winkelmessung. Im vorliegenden Buch wird an Hand seiner Anwendung für die Entfernungsmessung die Konstruktion und Bedienung der verschiedenen Arten der Fernrohre und Entfernungsmesser zusammengestellt und behandelt. Die erste Auflage war noch hauptsächlich durch die Erfahrungen des Weltkrieges bestimmt. In der neuen Auflage ist das Buch unter Berücksichtigung der neueren Technik durchgreifend umgearbeitet worden. Die Abschnitte über die Höhenmesser zur Bekämpfung der Flieger durch Geschütze und über die Geschichte des Fernrohres von Lipperhey bis Porro wurden erweitert. Dreizehn Bildnisse erinnern an die Förderer der praktischen Optik. Von den Abbildungen wurde etwa die Hälfte ausgeschieden und durch die doppelte Zahl neuer ersetzt.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Geometrische Elektronenoptik.

Grundlagen und Anwendungen. Von **E. Brüche** und **O. Scherzer.** Mit einem Titelbild und 403 Abbildungen. XII, 332 Seiten. 1934. RM 26.—

Dieses aus dem Forschungslaboratorium der AEG hervorgegangene prächtige Werk stellt ein Anschauungsbeispiel für die gegenseitige Befruchtung von „reiner" und angewandter Physik dar. Wenn auch für ein Industrielaboratorium der schließliche wirtschaftliche Nutzen der Ergebnisse richtungweisend sein muß, so steht das Buch wissenschaftlich auf einem so hohen Niveau, daß mancher „reiner" Physiker neiderfüllt zu ihm aufblicken mag . . . Wenn auch schon lange bei Ablenkungsversuchen von Korpuskularstrahlen mit Fokussierungsmethoden gearbeitet wird und auch gelegentlich optische Ausdrücke verwandt wurden, so sah man in dieser Analogie nicht mehr als eine gedankliche Spielerei. Daß die Analogie aber mehr als das ist, beweist das vorliegende Buch sehr eindringlich. Die Kenntnis der abbildenden Elemente, ihrer Fehler und Korrektionsmöglichkeiten ist für viele Anordnungen genau so notwendig wie die Kenntnis der Linsenfehler in der Optik. Diese Elemente werden zunächst theoretisch behandelt und dann in der experimentellen Realisierung besprochen. Mit einemmal wird einem z. B. die überraschende Erscheinung der Fadenstrahlen in gasgefüllten Röhren verständlich. Von den praktischen Ausführungen werden eingehend behandelt die Braunsche Röhre (Fernsehen!), das Elektronenmikroskop (Untersuchung der Oberfläche emittierender Kathoden!) und der Spektrograph (Isotopenforschung!). Daß in einigen Fällen das Elektronenmikroskop bereits die Auflösung, die optisch möglich ist, erreicht, wenn nicht überschritten hat, wird gezeigt. Besonders erfreulich ist, daß, entsprechend seinem Ursprung aus der Praxis, das Buch am Schluß eine Diskussion der Vorzeichenfragen und der numerischen Handhabung der Formeln bringt. Gerade dieser letzte Schritt, der Übergang zum experimentellen Resultat, wird bei Gebrauch vieler Bücher, deren Verfasser sich um diese oft sehr unangenehme Arbeit gedrückt haben, nicht leicht gemacht, und so ist das Buch auch in diesem Punkt mustergültig. Es wird bald jedem, der mit Elektronenstrahlen und Gasentladungen arbeitet, aber auch dem Metallographen ein unentbehrliches Hilfsmittel bei seinen Arbeiten sein.

„Physikalische Zeitschrift"

Lichtelektrische Zellen und ihre Anwendung.

Von Dr. **H. Simon,** Berlin, und Professor Dr. **R. Suhrmann,** Breslau. Mit 295 Textabbildungen. VII, 373 Seiten. 1932. RM 33.—; gebunden RM 34.20

In den ersten vier Kapiteln besprechen die Verfasser die prinzipiellen Grundlagen der lichtelektrischen Effekte, soweit sie zum Verständnis der folgenden Kapitel nötig sind, und widmen den Hauptteil ihres Werkes dem praktischen Teil, entsprechend ihrer Absicht, „zu dem Buche von Gudden über lichtelektrische Erscheinungen eine Ergänzung nach der praktischen Seite hin zu bieten". Dieses Lehrbuch der praktischen Lichtelektrizität ist den Verfassern in vorbildlicher Weise gelungen. Der methodisch aufgebaute und übersichtlich unterteilte Text enthält alles Wissenswerte in klarer, prägnanter Darstellung und dazu eine Fülle von praktischen Anweisungen und Kniffen, die nicht nur den Anfänger vor manchem Fehlschlag schützen werden. Die notwendigen Nebengebiete, wie Hochvakuum, Eigenschaften verschiedener Glassorten, Lichtquellen, Spektralapparate, elektrostatischer Schutz, Kompensations- und Verstärkerschaltungen, sind knapp, aber ausreichend behandelt. — Das letzte Drittel des Buches zeigt die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten für Photozellen; lichtelektrische Titration, das Optophon für Blinde, Zähl- und Sortiermaschinen, das Schaltrelais für Straßenbeleuchtung seien neben den allbekannten Anwendungsgebieten nur einige Beispiele aus dieser reichhaltigen Zusammenstellung. — Das vortreffliche Buch kann nicht nur als Handbuch für lichtelektrische Arbeiten, sondern auch zur Übersicht und Einführung in das Gebiet jedem Physiker auf das wärmste empfohlen werden.

„Physikalische Zeitschrift"

Lichtelektrische Erscheinungen.

Von Professor **Bernhard Gudden,** Erlangen. („Struktur der Materie", Bd. VIII.) Mit 127 Abbildungen. IX, 325 Seiten. 1928. RM 21.60; gebunden RM 22.68

Gudden stellt die klassische „äußere" lichtelektrische Wirkung der physikalisch sauberen „inneren" gegenüber, deren Hauptförderung auf das Konto von Gudden und Pohl fällt. Bei der äußeren lichtelektrischen Wirkung unterscheidet Gudden wieder die normale und die selektive Wirkung, während die wesentlichste Unterteilung der inneren Wirkung durch die Elektronenbeweglichkeit gegeben ist; dementsprechend werden Isolatoren, Halbleiter, Selen u. a. getrennt behandelt. Überall spürt man die sachkundige Führung des experimentell Erfahrenen. Man muß der Darstellung den nachhaltigsten Eindruck auf alle auf lichtelektrischem Gebiet Arbeitenden wünschen.

„Zeitschrift für technische Physik"

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

*Hierzu zwei Beilagen vom Verlag **Julius Springer**.*

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5.
DA. I. Vj. 3192. — Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Printed in Germany.